



Desenvolvimento de arroz para risoto
utilizando arroz branco e a macroalga

Kappaphycus alvarezii

Natália Maria Ferreira Lima

Projeto Final de Curso

Orientadora:

Ana Lúcia do Amaral Vendramini – D.Sc.

Outubro de 2021

DESENVOLVIMENTO DE ARROZ PARA RISOTO UTILIZANDO ARROZ BRANCO E A MACROALGA

Kappaphycus alvarezii

Natália Maria Ferreira Lima

Projeto de final de curso submetido ao Corpo Docente da Escola de Química, como parte dos requisitos necessários para conclusão do curso de Engenharia de Alimentos.

Aprovado por:

Suely Pereira Freitas, D.Sc. - Escola de Química/UFRJ

Livia Galdino da Cruz Suzart. - TPQB/UFRJ

Ailton Cesar Leme, D.Sc – Escola de Química/UFRJ

Orientado por:

Ana Lúcia Vendramini, D.Sc. – Escola de Química/UFRJ

Rio de Janeiro, RJ – Brasil

Outubro de 2021

Lima, Natália Maria Ferreira.

Desenvolvimento de arroz para risoto utilizando arroz branco e a macroalga

Kappaphycus alvarezii/ Natália Maria Ferreira Lima, Rio de Janeiro: UFRJ/EQ, 2021.

x, p. 69.; il. Projeto Final – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, 2021.

Orientadora: Ana Lúcia Vendramini

1. *Kappaphycus alvarezii*; 2. Arroz; 3. Metodologia *Stage-Gates*; 4. Projeto Final. (Graduação – UFRJ/EQ). 5. Ana Lúcia Vendramini. I. Desenvolvimento de arroz para risoto utilizando arroz branco e a macroalga *Kappaphycus alvarezii*.

*“Respeite a camisa que a gente suou
Respeite quem pôde chegar onde a gente chegou.”*

Moleque atrevido, Jorge Aragão

Agradecimentos

Gostaria de agradecer aos Orixás por sempre estarem ao meu lado e me permitirem chegar até aqui nessa jornada.

Agradeço aos meus pais, Abílio e Cristina, por todo apoio, suporte e estrutura para que eu chegasse até aqui. Por me darem amor, confiança e incentivo para que eu pudesse superar todas as dificuldades.

Ao meu irmão, Cesar, pela ajuda incansável, carinho e suporte durante toda a graduação. Por toda proteção, incentivo, e principalmente, por ser minha grande inspiração profissional e pessoal. Tenho certeza de que estaremos sempre juntos.

Agradeço aos meus amigos da Escola de Química, Bruno, Isabela, Henrique e Eduarda, por dividirem comigo os medos, as conquistas e desafios de estudar na maior universidade do Brasil. Aos professores Marcos Dias e Eveline Lopes, pelas oportunidades durante a graduação e todos os ensinamentos.

À minha orientadora Ana Lucia, que acreditou em meu potencial. Agradeço a paciência, orientação e confiança de embarcar comigo nesse projeto durante um período novo e desafiador. Agradeço à Meire e ao Renan pela ajuda nas análises durante a execução do trabalho.

Gostaria de agradecer aos meus amigos que me acompanham desde sempre Letícia, Rebeca, Brenda e Lucas, pelos momentos de apoio quando precisei e descontração. À minha estrela Yuri Reis, por toda animação contagiante e por ter marcado minha vida para sempre. Por você, eu guardo todo amor e saudade.

À mãe Emmanuele de Andrade e todos meus irmãos de santo, por toda paciência, momentos de apoio e suporte. Em especial, agradeço minha madrinha Rutinha por todo amor, carinho e por me ajudar a superar meus medos.

Agradeço aos meus amigos Isabela, Caio, Mariana e Lucas Gonçalves por dividirem comigo os desafios de estagiar em uma grande empresa. Agradeço pelos cafés e por todo apoio. Gostaria de agradecer também aos meus chefes Ana Carla e Douglas Moraes por todo suporte e por serem grandes exemplos no meu desenvolvimento profissional.

Resumo do Projeto de Final de Curso apresentando à Escola de Química como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheiro de Alimentos.

DESENVOLVIMENTO DE ARROZ PARA RISOTO UTILIZANDO ARROZ BRANCO E A MACROALGA *Kappaphycus alvarezii*

Natália Maria Ferreira Lima

Outubro de 2021

Orientadora: Ana Lúcia Vendramini

RESUMO

O arroz é uma das principais fontes energéticas de que a população mundial se vale para se alimentar. Entretanto, seu consumo em produtos sofisticados ou o consumo de variedades que não são produzidas no País ainda é limitado e isso está intrinsecamente ligado ao poder aquisitivo da população. O consumo de pratos típicos italianos se apresenta como claro exemplo dessa realidade, destacando-se, dentre todos eles, o risoto. A cremosidade se apresenta como o principal atributo de tal prato. A presente pesquisa vale-se das premissas destacadas anteriormente e maneja a oportunidade da utilização da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em sua forma integral para obtenção dessa característica para o arroz, o que não é comum no território brasileiro. O desenvolvimento do produto arroz especial para risoto com a macroalga resultou em um produto aproximadamente 42% mais barato para o consumidor final. Além disso, foi possível desenvolver características similares aos produtos já encontrados no mercado consumidor. A utilização da metodologia *Stage-Gates* por meio da aplicação dos 5 *stages* e 5 *gates* contribuiu para a otimização e organização do processo de inovação e desenvolvimento. O método garantiu que o produto fosse desenvolvido atendendo à legislação vigente e de acordo com o interesse do mercado consumidor. De acordo com o método e à luz dos resultados encontrados, é esperado que o produto tenha boa aceitação do mercado.

Sumário

ÍNDICE DE FIGURAS.....	viii
ÍNDICE DE TABELAS.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1 Objetivo Geral.....	4
2.2 Objetivos específicos.....	4
3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA.....	5
3.1 Arroz.....	5
3.1.1 Arroz.....	5
3.1.2 Grão de arroz.....	6
3.1.3 Cultivo e pré-processamento do arroz.....	7
3.1.4 Processamento de Arroz.....	10
3.1.5 Características nutricionais do arroz.....	16
3.1.6 Classificação dos grãos.....	19
3.1.7 Variedades do arroz.....	20
3.1.8 Mercado do arroz.....	22
3.1.9 Risoto.....	27
3.2 Macroalga.....	29
3.2.1 <i>Kappaphycus alvarezii</i>	29
3.2.2 Cultivo da macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i>	30
3.2.3 Consumo e composição da macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i>	33
3.2.4 Produção de Carragenana.....	35
3.2.5 Mercado de Macroalgas.....	36
3.3 Metodologia Stage-Gate.....	38
4. METODOLOGIA.....	42

4.1	Estágio 0.....	42
4.2	Gate 1	42
4.3	Gate 2	43
4.3.1	Matérias-primas	43
4.3.2	Formulação	44
4.4	Gate 3	49
4.5	Gate 4	50
4.5.1	Análise de Alergênicos	50
4.5.2	Dizeres de Rotulagem	50
4.5.3	Análise de Vida de Prateleira	51
4.5.4	Aumento de escala.....	51
4.6	Gate 5	51
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	53
5.1	Gate 1	53
5.2	Gate 2	54
5.3	Gate 3	60
5.4	Gate 4	62
5.4.1	Análise de Alergênicos	62
5.4.2	Dizeres de Rotulagem	63
5.4.3	Análise de Vida de Prateleira	65
5.4.4	Aumento da escala.....	65
5.5	Gate 5	66
6.	CONCLUSÃO	68
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	69

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: DIFERENTES SUBESPÉCIES DO ARROZ	5
FIGURA 2: ESTRUTURA DO GRÃO DO ARROZ	7
FIGURA 3: A PLANTA DE ARROZ	8
FIGURA 4: SILOS DE ARMAZENAMENTO DE ARROZ	10
FIGURA 5: DESCASCADOR DE ROLOS.....	11
FIGURA 6: SEPARAÇÃO DOS GRÃOS POR DENSIDADE	12
FIGURA 7: DIFERENTES PRODUTOS OBTIDOS NO PROCESSAMENTO DO ARROZ.....	12
FIGURA 8: MÉTODOS UTILIZADOS PARA BRUNIMENTO DO ARROZ	13
FIGURA 9: FLUXOGRAMA PARA O BENEFICIAMENTO DO ARROZ.....	14
FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DO ARROZ PARBOILIZADO	16
FIGURA 11: TRANSFORMAÇÕES DO GRÂNULO DE AMIDO DURANTE AS ETAPAS DE AQUECIMENTO, RESFRIAMENTO E ARMAZENAMENTO (I - Grânulo de amido, II – Gelatinização, IIa - Grânulo de amido inchado, IIb- Amido Gelatinizado, III – Retrogradação, IIIa - Formação do gel, IIIb – Amido retrogradado)	17
FIGURA 12: DIFERENTES CLASSES DO ARROZ.....	19
FIGURA 13: VARIEDADES DE ARROZ	21
FIGURA 14: PREFERÊNCIAS DE ARROZ PELO MUNDO.....	22
FIGURA 15: MAIORES PRODUTORES DE ARROZ NO MUNDO EM 2006.....	23
FIGURA 16: TOTAL DE PRODUÇÃO DE ARROZ EM CASCA ENTRE 2010 E 2019 NO BRASIL	23
FIGURA 17: EXPORTAÇÃO DE ARROZ POLIDO NO MUNDO	24
FIGURA 18: PRINCIPAIS FLUXOS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ARROZ NO MUNDO.....	25
FIGURA 19: QUANTIDADE DE ARROZ BENEFICIADO IMPORTADO E EXPORTADO PELO BRASIL.....	25
FIGURA 20: PRODUÇÃO DE ARROZ NO BRASIL EM 2006	26
FIGURA 21: PREÇO MÉDIO NACIONAL DA SACA DE 60 KG DE ARROZ FINO EM CASCA NO PRODUTOR	27

FIGURA 22: PREÇO MÉDIO NACIONAL DO SACO DE 5 KG DE ARROZ BENEFICIADO TIPO I NO VAREJO	27
FIGURA 23: PRATO DE RISOTO DE PÊRA	28
FIGURA 24: MACROALGA <i>Kappaphycus alvarezii</i>	30
FIGURA 25: SISTEMA DE CULTIVO FIXO	31
FIGURA 26: SISTEMA DE CULTIVO FLUTUANTE.....	31
FIGURA 27: ESQUEMA DE CULTIVO DE ALGAS.....	32
FIGURA 28: TÉCNICA DE REDE TUBULAR.....	32
FIGURA 29: TÉCNICA "TIE TIE"	33
FIGURA 30: MAIORES PRODUTORES MUNDIAIS DE ALGAS MARINHAS	37
FIGURA 31: PRINCIPAIS ALGAS CULTIVAS NO MUNDO	37
FIGURA 32: CULTIVO DE ALGAS VERMELHAS NO MUNDO.....	38
FIGURA 33: OVERVIEW DO MODELO STAGE-GATE.....	39
FIGURA 34: PLANILHA DE CONCEITO INICIAL DO PRODUTO	43
FIGURA 35: ETAPAS DE PROCESSAMENTO DA ALGA <i>KAPPAPHYCUS ALVAREZII</i>	43
FIGURA 36: TESTE DE TEMPO DE COZIMENTO - (A) GRÃOS NÃO COZIDOS; (B) AMOSTRAS COM COZIMENTO COMPLETO	46
FIGURA 37: ANÁLISE DE TEXTURA DAS AMOSTRAS.....	48
FIGURA 38: FICHA TÉCNICA PARA ELABORAÇÃO DO PRODUTO	52
FIGURA 39: PLANILHA DE CONCEITO INICIAL DO PRODUTO PREENCHIDA....	54
FIGURA 40: AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS	55
FIGURA 41: COMPORTAMENTOS GERAL DOS ENSAIOS DA AMOSTRA 01 NO TESTE DE TPA.....	60
FIGURA 42: DIZERES DE ROTULAGEM OBRIGATÓRIOS	64
FIGURA 43: FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DO ARROZ ESPECIAL PARA RISOTO	65
FIGURA 44: FICHA TÉCNICA DO ARROZ ESPECIAL PARA RISOTO.....	67

ÍNDICE DE TABELAS

TABELA 1: PERSPECTIVA DE ÁREA, PRODUÇÃO, CONSUMO E RENDIMENTO MÉDIO DO ARROZ.....	8
TABELA 2: COMPOSIÇÃO CENTESIMAL MÉDIA (% NA MATÉRIA SECA) DE ARROZ INTEGRAL, BRANCO POLIDO E PARBOILIZADO POLIDO.....	18
TABELA 3: LIMITES MÁXIMOS DE TOLERÂNCIA EXPRESSOS EM %/PESO PARA O ARROZ BENEFICIADO POLIDO	20
TABELA 4: COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA MACROALGA <i>Kappaphycus alvarezii</i>	34
TABELA 5: APLICAÇÕES TÍPICAS DA CARRAGENANA	36
TABELA 6: FORMULAÇÃO DO ARROZ ESPECIAL PARA RISOTO.....	45
TABELA 7: RESULTADOS DO TESTE DE UMIDADE DAS TRÊS AMOSTRAS	55
TABELA 8: RESULTADOS DO TESTE DE COZIMENTO, ABSORÇÃO DE ÁGUA, COEFICIENTE DE INCHAÇO E AUMENTO DE VOLUME.....	57
TABELA 9: RESULTADOS DO TESTE TPA a 25°C.....	59
TABELA 10: RESULTADOS DO TESTE TPA a 45°C.....	59
TABELA 11: CÁLCULO DO CUSTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO	61
TABELA 12: CÁLCULO DO CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO.....	61
TABELA 13: PREÇO DE VENDA DO PRODUTO AO CONSUMIDO	62
TABELA 14: ANÁLISE DE ALERGÊNICOS.....	63

1. INTRODUÇÃO

O arroz é um dos cereais mais consumidos do mundo, sendo principal fonte de energia de cerca de metade da população mundial. O cultivo de arroz desempenha um papel estratégico econômico e social no território brasileiro. O consumo médio de arroz no Brasil por habitante alcança mais de duas vezes o consumo verificado no continente europeu (FERREIRA; NEVES; CHAVES, 2003).

As características de qualidade do grão são definidas a partir de sua aparência física, de suas propriedades culinárias e sensoriais, além de suas características nutricionais. Tais parâmetros terão forte influência no valor de mercado do produto. Entretanto, as definições desses parâmetros irão variar de acordo com cultura, regionalidade, tradições e hábitos de consumo. O produto considerado de alta qualidade em determinado local possivelmente será rejeitado por outra localidade (FRANCO et al., 2012).

Quando se trata da realidade brasileira, as formas de preparo e consumo do arroz são, de certa forma, homogêneas. O prato arroz e feijão é famoso nas mesas dos brasileiros e, quanto ao arroz, os habitantes de nosso País preferem o grão longo, fino e branco, conhecido popularmente arroz “agulhinha”. De maneira geral, o consumidor brasileiro possui propensão a escolher o produto por conta das suas características visuais, como aparência dos grãos. Com os objetivos de padronizar o produto e proteger do consumidor, o Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) estabeleceu normas de identidade, qualidade e embalagem para o arroz. Por outro lado, a busca por alimentos mais saudáveis, nutritivos e funcionais desencadeada nos últimos anos acarreta o aumento da importância do valor nutritivo do arroz para o consumidor.

A aplicabilidade do arroz em produtos diferenciados e no desenvolvimento de produtos mais sofisticados está ligada diretamente ao poder aquisitivo da população, assim como o consumo de outras variedades que ainda não são tão comuns no mercado brasileiro, como o arroz carnaroli e o, basmati. O alto preço de produtos como risoto semiprontos, arrozes acrescidos de minerais e vitaminas e arrozes vendidos combinados com diferentes produtos limita o consumo deles no território brasileiro.

Uma das aplicabilidades mais famosas do arroz é na confecção de risoto, prato típico da culinária italiana. Porém, o arroz agulhinha, por si só, não garante a cremosidade característica do prato. Os arrozes carnaroli e arbório, que são amplamente utilizados na receita, custam cerca de quatro vezes mais que o arroz presente na maioria das casas brasileiras, por serem, em grande parte, importados. Esse fato faz com que o consumo desses produtos seja limitado a uma pequena parcela da população brasileira, que detém poder aquisitivo para comprá-los.

A cremosidade encontrada nas variedades italianas de arroz poderia ser acrescentada ao arroz “agulhinha” por intermédio da utilização de um aditivo junto com os grãos. A utilização da macroalga *Kappaphycus alvarezii* para produção de aditivos alimentares é amplamente difundida no Brasil. A carragenana é o principal produto obtido por meio da *K. alvarezii*, sendo utilizado na indústria de alimentos como espessante, gelificante e estabilizante. Entretanto, a utilização da macroalga integral é comumente encontrada apenas no continente asiático. Dessa forma, a utilização da *Kappaphycus alvarezii* na formulação do arroz teria um viés inovador, além de incentivar os algicultores brasileiros com a nova aplicabilidade da alga.

A expansão do mercado consumidor de algas no Brasil e sua aplicabilidade de forma integral em novos produtos, além da diversificação do mercado de alimentos, se relaciona com a crescente demanda por maior consumo de nutrientes na alimentação brasileira. A macroalga é uma excelente fonte de proteínas, fibras, minerais, ácidos graxos essenciais e vitaminas. A macroalga também se destaca por possuir atividades antioxidante. Essas características dialogam com as buscas atuais do mercado consumidor por alimentos saudáveis e a oportunidade de ser aplicado em um alimento amplamente presente no dia a dia do brasileiro, como o arroz. Para além dos motivos citados, elevar o consumo de algas no mercado resulta no incentivo do cultivo de algas no País e na geração de empregos,

O desenvolvimento de um produto para substituir os arrozes importados utilizando o arroz polido e a alga *Kappaphycus alvarezii* também pode resultar na criação de um produto que chegue ao consumidor final com o preço mais baixo. O que resulta na diversificação da alimentação de populações de rendas mais baixas e favorecer o aspecto nutricional dessa população.

A utilização de metodologias para aceleração desses processos de desenvolvimento e inovação tem se tornado cada vez mais comuns no mundo globalizado e competitivo atual. A metodologia *Stage-Gates* é um exemplo de método aplicado para otimização do tempo de inovação por meio da organização do processo de desenvolvimento em estágios e portões de decisão. Essa metodologia já foi utilizada por diversas empresas do ramo alimentício, como Pepsico, Snyder's Lance, Kellogg's, Gat Foods, entre outras.

Valendo-se das observações e premissas destacadas anteriormente, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver arroz para ser aplicado em risotos utilizando-se de um produto amplamente consumido no país, que é o arroz branco polido, e de produto com potencial mercado consumidor, que é a macroalga *Kappaphycus alvarezii*, por meio da aplicação da metodologia *Stage-Gates*.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo Geral

O presente trabalho de conclusão de curso tem por objetivo o desenvolvimento de arroz para ser aplicado em risotos utilizando-se de arroz branco e da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, a partir da aplicação da metodologia *Stage-Gates*.

2.2 Objetivos específicos

- Desenvolver uma opção mais barata de matéria-prima para o preparo de risotos;
- Explorar a aplicabilidade da macroalga *Kappaphycus alvarezii* em sua forma integral;
- Elaborar um produto alimentício comemorativo para a Década do Oceano;
- Especificar matérias-primas, equipamentos e os parâmetros técnicos do processo produtivo;
- Avaliar a adequação do estudo na escala laboratorial para a produção industrial;
- Avaliar os custos do processo e o preço final unitário do produto no varejo;
- Comparar parâmetros do arroz desenvolvido com os arrozes do mercado para mesma aplicabilidade;
- Elaborar os dizeres de rotulagem em atendimento às exigências legais vigentes.

3. REVISÃO BIBLIOGRAFICA

3.1 Arroz

3.1.1 Arroz

O arroz (*Oryza sativa*) é um dos cereais mais consumidos em todo o mundo, sendo considerado a principal fonte de energia da população humana, principalmente daquela que habita o continente asiático (WALTER; MARCHEZAN; DE AVILA, 2008). Além da espécie *Oryza sativa*, que é a dominante no mundo, é possível encontrar ainda o chamado arroz africano, oriundo da espécie *Oryza glaberrima*. A origem e o surgimento desse cereal não são definidos de forma categórica, mas constam registros históricos de que já existia o cultivo de arroz em diferentes localidades entre 2.000 e 1.500 a.C, como na Índia, na Tailândia, no Vietnã e na China (MARSHALL; WADSWORTH, 1994).

A espécie *Oryza sativa* é dividida em três subespécies, quais sejam: (i) Javânica; (ii) Japônica; e (iii) Indica. A primeira delas, a subespécie Japônica, é caracterizada por ter grãos curtos e largos, que são adaptados a climas temperados. De sua vez, a Indica tem como marca os grãos terem tamanhos médios a longos, adaptados a climas tropicais. Já a subespécie Javânica é um híbrido entre as duas primeiras (MARSHALL; WADSWORTH, 1994). A Figura 1 ilustra as diferentes subespécies de arroz.

FIGURA 1: DIFERENTES SUBESPÉCIES DO ARROZ



Fonte: Adaptada de IRRI (2007)

Para além de ter como característica marcante o seu elevado valor energético, o aludido cereal figura como preferência do consumidor em razão de aspectos econômicos e culturais. Os consumidores brasileiros preferem, de forma geral, o grão beneficiado com formato longo e fino, além de cor translúcida e sem manchas. Em países como Índia, Paquistão e Tailândia prevalece o consumo dos arrozes aromáticos, como o arroz Basmati e Jasmin. No Japão e na Itália, por sua vez, são consumidos arrozes mais glutinosos, que são aqueles que, após cozimento, apresentam aparência cremosa, como o arroz Moti, Arbório e Carnaroli (PEREIRA; MORAIS, 2014).

3.1.2 Grão de arroz

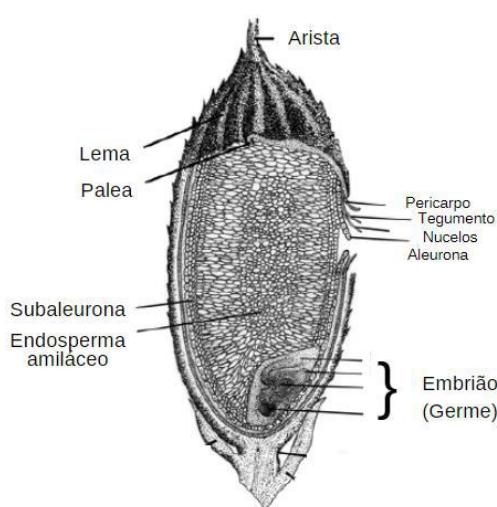
O grão de arroz é revestido por uma casca que corresponde a cerca de 18 a 20% do peso total do grão. A casca da semente de arroz tem como função a proteção contra infestações e mudanças bruscas no teor de umidade. Ela se divide em duas partes, a lema e a palea. A casca possui, ainda, baixos teores de proteína, de gordura e de amido, porém, possui altos teores de lignina (30%), celulose (25%), arabinoxilanos (15%) e cinzas (21%), composta basicamente por sílica. Os altos teores de sílica e de lignina presentes na casca são a causa precípua de seu baixo valor nutricional e comercial (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986).

Por dentro da casca se encontra a chamada cariopse, que envolve o germe e o endosperma do grão. As camadas mais externas da cariopse são divididas em quatro partes, são elas: o pericarpo, o tegumento, o nucelo e o aleurona, correspondendo a cerca de 5 a 8% do peso do arroz integral. Envolvido pela cariopse, o germe ou embrião é rico em proteínas e lipídios, representando cerca de 2 a 3% do arroz integral. Durante o beneficiamento do arroz, além da retirada da casca, também são retiradas quase que integralmente as camadas mais externas da cariopse e do germe, dando origem ao farelo (JULIANO; BECHTEL, 1985; PRISCILA ZACZUK BASSINELLO, 2004).

O endosperma se inicia na camada de aleurona, que é removida no polimento do arroz, além disso, é composto também pela subaleurona e pelo endosperma amiláceo. A camada de subaleurona possui altos teores de proteínas e menor teor de

lipídeos quando comparada com a camada de aleurona, além de possuir uma pequena quantidade de grãos de amido. Já o endosperma amiláceo é rico em grânulos poligonais de amido, apresenta um teor médio de proteínas e baixo teor de lipídeos (DELCOUR; HOSENEY, 1986; JULIANO; BECHTEL, 1985; MARSHALL; WADSWORTH, 1994). É possível observar toda a estrutura do grão de arroz na Figura 2, apresentada a seguir:

FIGURA 2: ESTRUTURA DO GRÃO DO ARROZ



Fonte: Adaptado de Juliano (1984)

3.1.3 Cultivo e pré-processamento do arroz

O arroz é cultivado em pelo menos 95 países do mundo, está presente nos 6 continentes e contribui para o desenvolvimento e sustentabilidade dos países emergentes na economia global (CHAUHAN; JABRAN; MAHAJAN, 2017; SMITH; DILDAY, 2000). Segundo a *Food and Agriculture Organization* (FAO), a produção de arroz corresponde a cerca de 20% da produção de cereais do mundo. As perspectivas mundiais quanto à produção e o consumo de arroz nos anos de 2021 e 2022 estão presentes na Tabela 1.

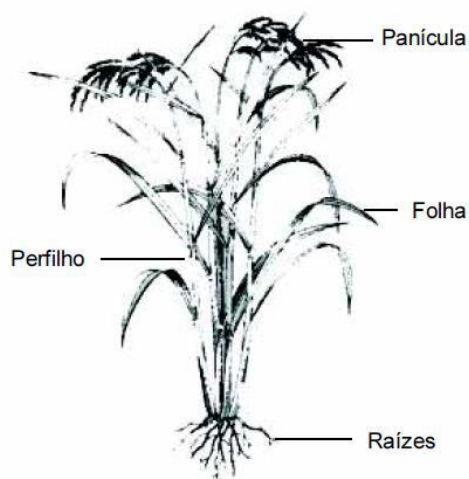
TABELA 1: PERSPECTIVA DE ÁREA, PRODUÇÃO, CONSUMO E RENDIMENTO MÉDIO DO ARROZ.

Item	2021/2022
Área (M ha)	160,5
Produção (MMT)	502,7
Consumo (MMT)	501,0
Rendimento Médio (MT ha ⁻¹)	3,13

Fonte: Adaptado de Wailes e Chaves (2012)

A planta de arroz é formada por raízes, caule, folhas e panículas, que consistem na chamada inflorescência do arroz. O cultivo dessa planta ocorre melhor em solos alagados e, dependendo das condições ambientais e do cultivar, leva em média de três a seis meses para completar o seu ciclo de crescimento. Esse ciclo, em regra, se divide em três fases, a vegetativa, a reprodutiva e a de maturação (VERGARA, 1991; YOSHIDA, 1981). O desenho da planta de arroz está ilustrado na Figura 3.

FIGURA 3: A PLANTA DE ARROZ



Fonte: Vergara (1979)

A cultura de arroz é sensível às condições climáticas, sendo influenciada, principalmente, pela temperatura, pela radiação solar, pelo fotoperíodo e pela

precipitação pluvial. Trata-se, contudo, de cultura que apresenta ampla adaptação ecológica, sendo cultivada sob diversas condições, como irrigação controlada ou inundação de até seis metros de água. Além dos itens relacionados às condições climáticas, o plantio, adubação, cultivar disponibilidade de água e nitrogênio serão determinantes para características como número de panículas, número de grãos por panículas, massa dos grãos e altura da planta (GUIMARÃES; FAGERIA; FILHO, 2003).

Os grãos de arroz situados em uma mesma panícula não possuem o mesmo teor de umidade. Assim, o que ocorre é que os grãos mais maduros acabam por absorver água dos grãos menos maduros durante a noite. Esse fenômeno ocorre de maneira natural durante a maturação, antes de colheita, e é chamado de “Secagem de arroz no campo”. Após as três fases de crescimento do arroz, é feita a colheita do grão. Nessa etapa, o grão de arroz pode ter de 50 a 70% de umidade, enquanto a umidade considerada ideal para fins de estocagem com segurança deve ser de 12 a 13%. Com isso, para o acondicionamento do arroz, os grãos passam, antes, por uma etapa de secagem (CHAMPAGNE, 2004; SMITH; DILDAY, 2000).

O processo de secagem dos grãos de arroz geralmente é feito por meio de fluxo contínuo de ar aquecido. O secador comercial é comumente alto, sendo carregado de arroz pelo topo, que desce em razão da gravidade, ficando exposto ao ar de secagem. Esse processo pode ser repetido diversas vezes até atingir a umidade esperada. Após a secagem, é necessário aguardar o período de têmpera para que a umidade de dentro do grão se equilibre por intermédio do movimento da água do interior do grão para a superfície dele. O processo de secagem é crucial para o armazenamento seguro e para a qualidade do grão. Caso a operação não seja feita corretamente, poderão ser causadas rachaduras nos grãos (CHAMPAGNE, 2004).

O beneficiamento, fase que ocorre logo após a secagem dos grãos, consiste na limpeza e na estocagem do arroz. Os silos de armazenamento do grão devem ter como objetivo manter o produto estável e consistente, protegendo os grãos de excesso de calor, umidade e pragas. Certamente, a forma como se dará o manejo do arroz durante o armazenamento impactará diretamente no nível de respiração dos grãos. Nesse contexto, as estratégias de armazenamento devem ser avaliadas a partir dos níveis de eficácia quanto ao fornecimento de um ambiente no qual é possível ter

o controle de respiração dos grãos, consequentemente a qualidade deles (CHAMPAGNE, 2004). A Figura 4 mostra um conjunto de silos de armazenamento de arroz.

FIGURA 4: SILOS DE ARMAZENAMENTO DE ARROZ



Fonte: Champagne (2014)

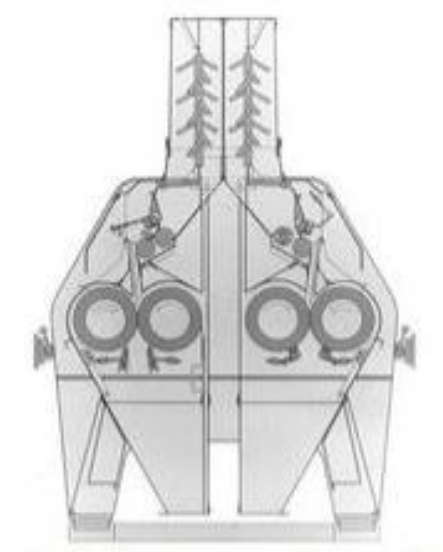
3.1.4 Processamento de Arroz

O processamento do arroz é composto por quatro etapas principais, são elas: (i) a limpeza; (ii) a remoção da casca; (iii) o brunimento e (iv) a classificação. Depois do recebimento dos grãos no local de processamento, o arroz é submetido à limpeza para remoção de sujidades e impurezas. O nível de sujidades e de impurezas irão variar, a partir, especialmente, da especificação do grão e do tipo de colheita a que ele será submetido. O processo de limpeza do arroz é realizado por meio de uma operação de separação, pautada, em especial, nas diferenças de propriedades físicas, como o tamanho, a densidade, a força de atrito, a resistência ao ar, o magnetismo, entre outras propriedades (CHAMPAGNE, 2004; MARSHALL; WADSWORTH, 1994).

Depois que todas as sujidades e impurezas são eliminadas da produção, é realizado o processo de retirada da casca do grão. Isso ocorre, pois, a casca pode ser nociva ao equipamento de brunimento, por conta da sua resistência, fibra e abrasão. O descascador mais utilizado na indústria de arroz é o descascador de rolos, presente na Figura 5, no qual o grão passa entre dois rolos, com velocidade, pressão e cisalhamento diferentes, fazendo com que a casca seja removida. Nesse caso, não

é aplicada uma pressão excessiva, para que não sejam danificados os grãos e o equipamento, sendo previsível que o processo não tenha uma eficiência tão alta. As cascas retiradas são separadas dos grãos a partir de uma corrente de ar. A utilização das cascas retiradas ainda é difícil, sendo estimado que um terço da casca removida não seja aproveitada (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986). A Figura 5 mostra um tipo de descascador utilizado na indústria de arroz.

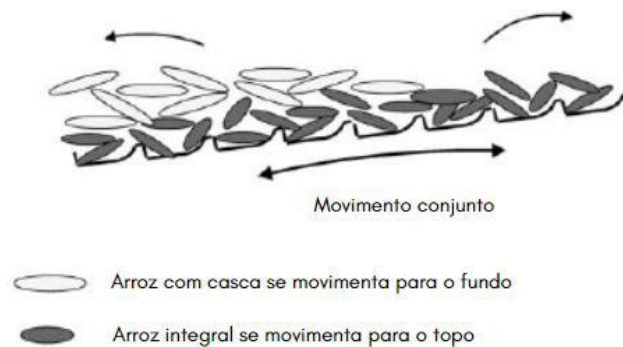
FIGURA 5: DESCASCADOR DE ROLOS



Fonte: Hosenev (2010)

Os grãos que não têm a casca removida são separados por meio do equipamento de separação por gravidade, baseado na densidade aparente. Em seguida, eles retornam ao descascador para mais uma passagem. Essa separação é feita por uma plataforma com bandejas que apresentam movimento oscilatório, acarretando a flutuação dos grãos menos densos, que não tiveram a casca retirada, em detrimento dos grãos mais densos, que avançam no processo. Em outras palavras, os grãos mais leves vão para o topo e, por ação da gravidade, são direcionadas a extremidade inferior para retornar ao descascador (CHAMPAGNE, 2004). O esquema de separação é apresentado na Figura 6.

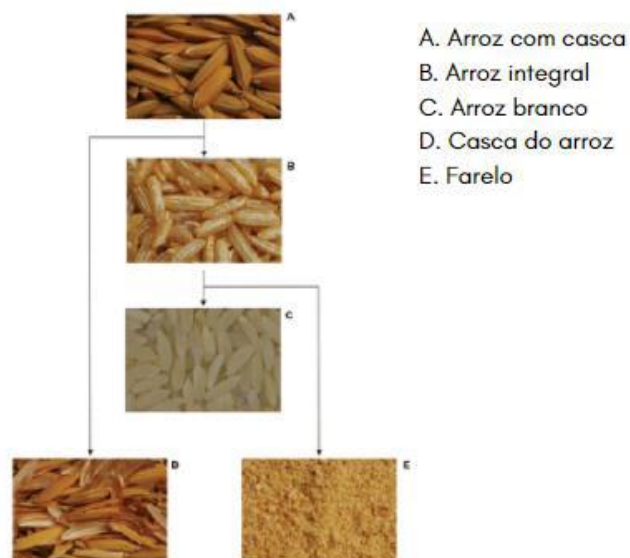
FIGURA 6: SEPARAÇÃO DOS GRÃOS POR DENSIDADE



Fonte: Adaptado de Champagne (2014)

O processo de retirada das cascas e separação dos grãos resulta na produção do arroz integral. Para a obtenção do arroz branco, é necessário que os grãos passem por mais uma etapa, a de brunimento, para que seja feita a retirada do farelo, que consiste em cerca de 10% do arroz integral. Diferentemente da casca, o farelo possui amplo aproveitamento, por exemplo, em rações animais, devido a sua composição rica em proteínas, magnésio, potássio e fósforo (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986). Os diferentes produtos obtidos no processamento do arroz estão presentes na Figura 7.

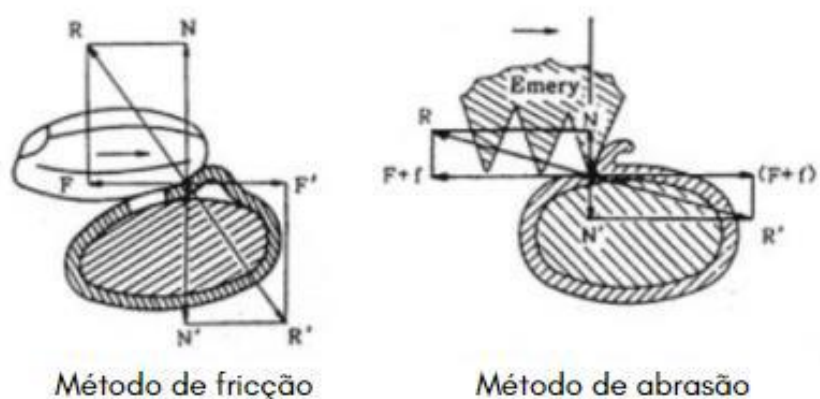
FIGURA 7: DIFERENTES PRODUTOS OBTIDOS NO PROCESSAMENTO DO ARROZ



Fonte: Adaptado de Hosenev (2010)

No processo de brunimento, são utilizados dois métodos, o de abrasão e o de fricção, ilustrados na Figura 8. O primeiro método utiliza o mecanismo de abrasão para remoção do farelo, por meio do contato do grão com o mecanismo. Tendo em vista que em tal método se utiliza baixa pressão, o resultado é uma menor quebra dos grãos, em contramão pode acabar ocorrendo a remoção da camada de amido. Para facilitar o processo, uma pequena quantidade de água pode ser adicionada para amolecer os grãos ou até mesmo pode-se optar pela utilização de um abrasivo, como o carbonato de cálcio. A maior parte do farelo será removida pelo método de fricção, que consiste no contato entre um grão e outro, fazendo a retirada desse conteúdo. Por mais que o rendimento seja maior no caso do método de fricção, ele utiliza maior pressão, podendo acarretar a maior quebra dos grãos (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986).

FIGURA 8: MÉTODOS UTILIZADOS PARA BRUNIMENTO DO ARROZ

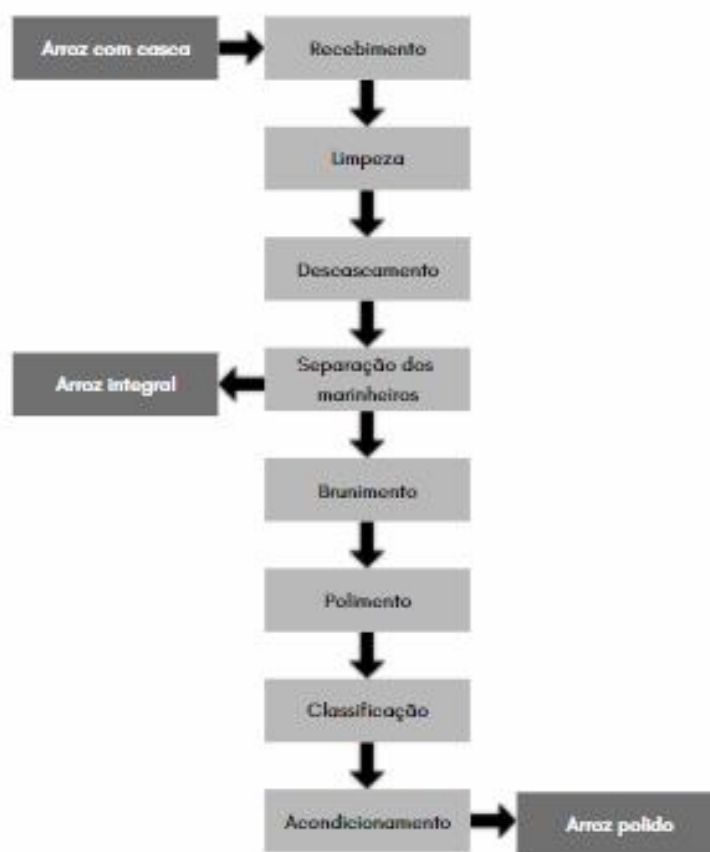


Fonte: Adaptado de Champagne (2004)

Após o processo de brunimento, o farelo é separado dos grãos a partir do processo de aspiração e, em seguida, os grãos podem passar pelo processo de polimento. Essa etapa consiste na passagem dos grãos por um cilindro vertical rotativo com o objetivo de remover o farelo residual e garantir o aspecto perolado do arroz. Algumas fábricas não utilizam o polidor por conta do aumento do número de grãos quebrados (DELCOUR; HOSENEY, 1986).

Como dito, as etapas anteriores podem resultar na quebra de alguns grãos. Com isso, é necessário que seja feita a classificação dos grãos, por intermédio da separação dos grãos inteiros daqueles que estão quebrados. A separação pode ser realizada de forma mecânica, como, por exemplo, por meio de peneiras, ou por equipamentos de inspeção eletrônica. Por fim, o arroz é acondicionado, geralmente, em embalagens de polietileno, respeitando os limites para cada Tipo e Classe dos grãos (CHAMPAGNE, 2004; SANTOS et al., 2009). O fluxograma do processamento do arroz até a obtenção do arroz polido está presente na Figura 9.

FIGURA 9: FLUXOGRAMA PARA O BENEFICIAMENTO DO ARROZ



Fonte: Adaptado de Ageitec (2019)

Ao comparar o fluxograma anterior com o fluxograma de produção do arroz parboilizado (Figura 10), há o acréscimo das etapas de imersão, aquecimento e secagem dos grãos. O arroz parboilizado é preferência dos consumidores que habitam o sul da Ásia, onde 90% da produção mundial é consumida. O nome

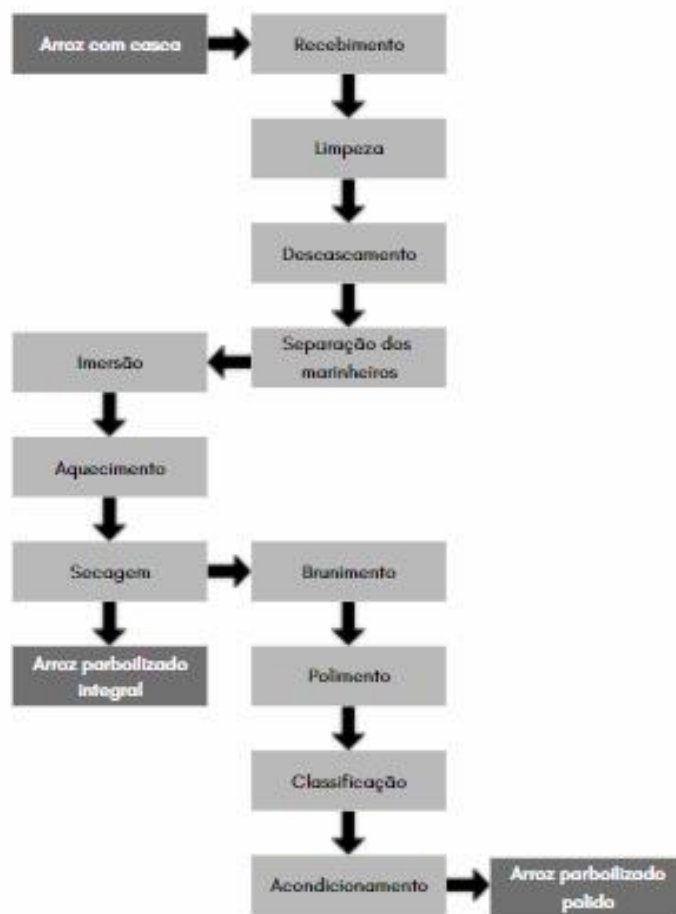
parboilizado tem origem da expressão “parcial boiling”, que significa fervura parcial (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986).

O processo de parboilização pode ser realizado com grãos que possuem casca ou não. Porém, usualmente, ele é feito após a retirada da casca. A primeira etapa acrescentada ao fluxograma é a imersão dos grãos em água, para permitir a gelatinização do amido. Essa imersão pode ocorrer por meio da aplicação de dois métodos diferentes, (i) utilizando temperatura abaixo da temperatura de gelatinização, absorvendo água lentamente até alcançar o equilíbrio de umidade, ou (ii) em altas temperaturas, fazendo com que no início a absorção de água tenha uma fase lag, porém, em seguida, acaba por crescer exponencialmente (CHAMPAGNE, 2004).

Depois da imersão, é feito o aquecimento dos grãos com o objetivo, então, de completar a gelatinização do amido. Os grãos são aquecidos através de vapor por 2 min a pressão atmosférica. Pode-se utilizar, também, aquecimento sob pressão, aquecimento ôhmico, por micro-ondas ou resistência elétrica. No final do processo, o arroz apresenta cerca de 35 a 38% de umidade (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986).

Para ser armazenado e serem concluídas as demais etapas do processamento do grão, é necessário que eles sejam submetidos ao processo de secagem para atingir a umidade de 12 a 14%. Essa etapa é de suma importância para qualidade dos grãos, que poderá ocorrer por meio da secagem ao sol ou pelo uso de ar quente. Embora a etapa de secagem seja crítica para qualidade do arroz, o próprio processo de parboilização torna o grão mais resistente à quebra. Outras vantagens do arroz parboilizado, em comparação ao arroz branco, é a redução da liberação de sólidos durante o cozimento, a menor aglutinação dos grãos após cozimento e o aumento da retenção da vitamina B1 no grão (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986). O fluxograma de produção do arroz parboilizado está presente na Figura 10.

FIGURA 10: FLUXOGRAMA DO PROCESSAMENTO DO ARROZ PARBOILIZADO



Fonte: Adaptado de Hosney (2010)

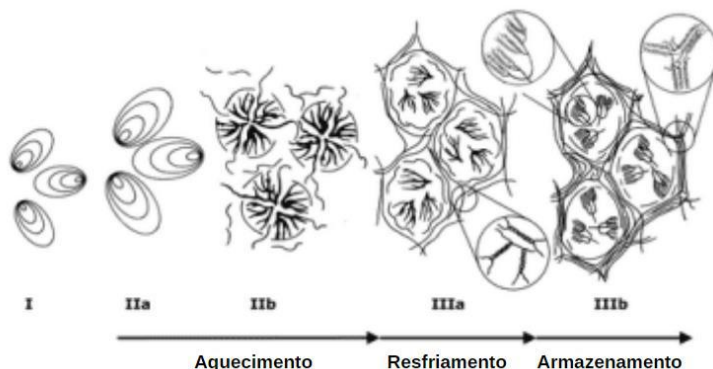
3.1.5 Características nutricionais do arroz

Os principais constituintes do arroz são os carboidratos, principalmente o amido, que corresponde a cerca de 90% de massa seca. Os grânulos de amido são formados por amiloses e amilopectinas, que variam de acordo com o tipo de arroz. A primeira se trata de cadeias majoritariamente lineares de glicose, já a segunda, cadeias ramificadas e com alto peso molecular. O amido presente nos grãos de arroz se caracteriza por possuir temperatura de gelatinização entre 68 e 78°C, e grânulos poligonais com cerca de 3 a 8 µm. Além do amido, o arroz polido também apresenta açúcares livres e fibras (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986; JULIANO, 1993).

Antes da gelatinização do amido, ele é submetido a etapa de transição vítrea, que consiste em tornar o amido mais macio e elástico por meio do aumento da umidade dos grãos. Essa etapa ocorre em temperaturas baixas e determina a temperatura da gelatinização, que requer o amolecimento das regiões amorfas. A gelatinização do amido é a etapa de fusão das regiões cristalinas do grânulo na presença de água. A temperatura de gelatinização tem relação direta com o tempo de cozimento do arroz e a textura do produto cozido. Ela é influenciada pela extensão da cristalinidade, a proporção de cadeias longas e curtas de amilopectina (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986).

Após a gelatinização, os grânulos de amido incham e ocorre a lixiviação da amilose. Estudos apontam que a quantidade de amilose que é lixiviada influencia mais a textura do arroz do que a quantidade de amilose em si. Durante o armazenamento, o gel formado passa por um processo chamado de “retrogradação”, que consiste na rápida recristalização da amilose e lenta recristalização da amilopectina, resultando no endurecimento do arroz cozido e deterioração da textura do arroz (CHAMPAGNE, 2004; DELCOUR; HOSENEY, 1986). As diferentes fases de transformação do amido estão presentes na Figura 11.

FIGURA 11: TRANSFORMAÇÕES DO GRÂNULO DE AMIDO DURANTE AS ETAPAS DE AQUECIMENTO, RESFRIAMENTO E ARMAZENAMENTO (I - Grânulo de amido, II – Gelatinização, IIa - Grânulo de amido inchado, IIb- Amido Gelatinizado, III – Retrogradação, IIIa - Formação do gel, IIIb – Amido retrogradado)



Fonte: Adaptado de Hoseney (2010)

No que se refere à composição proteica do arroz, quando comparada à de outro cereal, é considerada relativamente baixa, de cerca de 7%. A proteína presente no

arroz influencia nas propriedades estruturais, funcionais e nutricionais dos grãos. As proteínas do grão estão localizadas basicamente no endosperma e no farelo, tendo o primeiro cerca de 80% de proteínas (CHAMPAGNE, 2004; JULIANO, 1993).

O teor de lipídeos do grão de arroz, de sua vez, está presente, principalmente, no farelo. Os lipídios estão organizados em esferossomos. No que se refere ao grão de arroz não processado, o teor de lipídeos corresponde a cerca de 20% em base seca, já o teor no arroz polido é cerca de 1,5 a 1,7% (CHAMPAGNE, 2004; JULIANO, 1993; JULIANO; BECHTEL, 1985).

Quando se trata dos teores de minerais no grão, o grão com casca apresenta concentrações diferentes do que o grão integral e o grão polido. O arroz com cascas, por exemplo, possui maior concentração de sílica; já no arroz integral, as maiores concentrações são dos minerais fósforo, potássio e magnésio. Os mesmos minerais estão presente no arroz polido, porém, em menores concentrações (JULIANO; BECHTEL, 1985).

As vitaminas também estão presentes em maiores concentrações no arroz integral, quando comparado ao arroz polido, assim como os minerais. O arroz contém principalmente vitaminas do complexo B e vitamina E, que se localizam em maiores concentrações nas camadas externas do grão, como o farelo, o que explica a maior concentração no arroz integral (JULIANO; BECHTEL, 1985). A composição centesimal do arroz está descrita na Tabela 2.

TABELA 2: COMPOSIÇÃO CENTESIMAL MÉDIA (% NA MATÉRIA SECA) DE ARROZ INTEGRAL, BRANCO POLIDO E PARBOILIZADO POLIDO.

Constituinte	Arroz integral	Arroz branco polido	Arroz parboilizado polido
Amido total	74,12	87,58	85,08
Proteínas (Nx95)	10,46	8,94	9,44
Lipídios	2,52	0,36	0,69
Cinzas	1,15	0,30	0,67
Fibra total	11,76	2,87	4,15
Fibra insolúvel	8,93	1,05	1,63
Fibra solúvel	2,82	1,82	2,52

Fonte: Storck (2004)

3.1.6 Classificação dos grãos

A Instrução Normativa nº 6, de 16/02/2009, do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), define o padrão oficial de classificação dos grãos de arroz, considerando os requisitos de identidade, definidos pela própria espécie do grão, e qualidade, definidos pelo processo de beneficiamento, das dimensões do grão e dos limites de tolerância admitidos pela legislação. Nessa instrução normativa, são definidos o grupo, subgrupo, classe e o tipo do arroz.

A classe é definida pela retirada, ou não, da casca no processamento, podendo ser classificados como arroz em casca ou arroz beneficiado. Já o subgrupo é definido a partir do processamento. Assim, por exemplo, o arroz em casca pode ter como subgrupo arroz natural ou arroz parboilizado. De sua vez, o arroz beneficiado pode apresentar os seguintes subgrupos: arroz integral, arroz polido, arroz parboilizado integral ou arroz parboilizado polido.

O arroz também é classificado em classe, podendo ser longo fino, longo, médio, curto e misturado (uma espécie de classe residual). Essa classificação é feita de acordo com o peso dos grãos inteiros e as suas medidas. É possível observar as diferentes classes do cereal na Figura 12.

FIGURA 12: DIFERENTES CLASSES DO ARROZ



Fonte: Adaptado de UTFPR (2007)

Já para a tipificação do arroz, são aplicadas tolerâncias para defeitos encontrados. Essas tolerâncias são definidas de acordo com o subgrupo que o grão se enquadra. É feita uma amostragem dos grãos e é realizada a contagem de matérias estranhas e impurezas, grãos mofados, ardidos, manchados, picados, verdes, quebrados, entre outros. Então, a quantidade de grãos com essas características é determinada por porcentagem de peso e o grão é tipificado em relação às tolerâncias definidas pela Normativa, como é possível ver na Tabela 3.

TABELA 3: LIMITES MÁXIMOS DE TOLERÂNCIA EXPRESSOS EM %/PESO PARA O ARROZ BENEFICIADO POLIDO.

Tipo	Matérias estranhas e impurezas	Mofados e Ardidos	Picados ou Manchados	Gessados e Verdes	Rajados	Amarelos	Total de Quebrados e Quirera	Quirera (Máximo)
1	0,10	0,15	1,75	2,00	1,00	0,50	7,50	0,50
2	0,20	0,30	3,00	4,00	1,50	1,00	15,00	1,00
3	0,30	0,40	4,50	6,00	2,00	2,00	25,00	2,00
4	0,40	1,00	6,00	8,00	3,00	3,00	35,00	3,00
5	0,50	1,50	8,00	10,00	4,00	5,00	45,00	4,00

Fonte: Adaptado de MAPA (2009)

A Normativa citada também determina os teores de umidade para comercialização segura do arroz. No caso do arroz com casca, em qualquer um dos subgrupos, é recomendado que o arroz tenha o percentual de umidade de até 13%. Já no caso do arroz beneficiado, o percentual de umidade, independente do subgrupo, é de 14%. O referido percentual também é válido para variedades especiais do arroz, fragmentos de arroz, e para o arroz premix, que se trata do produto resultante da junção do arroz beneficiado com grãos ou com nutrientes.

3.1.7 Variedades do arroz

Existem seis tipos principais de arroz que são comercializados nos mercados mundiais. O arroz beneficiado de grão longo de alta qualidade, o arroz beneficiado de grãos e brutos de média qualidade, ambos de predominância indica, arroz japonico

curtos e médios, arroz parboilizado com qualquer comprimento, o arroz glutinoso e o arroz aromático (IRRI, 1985).

Embora já possam ser encontrados todos os tipos no mercado brasileiro, as chamadas variedades especiais do arroz ainda não são muitos comuns. A Instrução Normativa nº 6, de 16/02/2009, do MAPA, define como variedades especiais aquelas que se tornam apropriadas para determinados usos, como por exemplo, o arroz aromático, arroz vermelho e arroz preto, que podem ser observados na Figura 13. Aqui, prioriza-se, por uma série de razões, o consumo de arroz branco polido, parboilizado e integral, sendo o arroz agulhinha o mais consumido no Brasil. As influências da natureza, seleção humana e diversificação do solo e clima resultaram no surgimento de variedades do gênero *Oriza* (FRANCO et al., 2012; PEREIRA; MORAIS, 2014).

FIGURA 13: VARIEDADES DE ARROZ



Fonte: Jornal Globo (2011)

Assim como no Brasil, o resto do mundo apresenta suas preferências. Os asiáticos preferem arrozes glutinosos e são responsáveis por grande parte das inovações no mundo do arroz. Já os italianos, preferem os arrozes com a textura firme, para a preparação de pratos típicos como o risoto. De sua vez, os consumidores do Oriente Médio preferem o arroz branco, longo e com aroma forte. Em contramão, os escandinavos consomem o arroz como ingrediente do café da manhã, preferindo

grãos redondos para consumirem com leite (IRRI, 1985; MARSHALL; WADSWORTH, 1994). As preferências de consumo estão ilustradas na Figura 14.

FIGURA 14: PREFERÊNCIAS DE ARROZ PELO MUNDO



Fonte: FAO (2009)

3.1.8 Mercado do arroz

A produção de arroz registrou um crescimento mais elevado do que o ritmo de crescimento populacional nas últimas três décadas. Nos tempos mais recentes, esse crescimento desacelerou em decorrência de diversos fatores, como a urbanização, o crescimento *per capita* da população, acarretando a diversificação da dieta, e o elevado consumo já alcançado na maioria dos países (FAO, 2004)

O valor do mercado global de arroz é de cerca de US\$ 8,6 bilhões, dos quais 35% correspondem ao mercado asiático e africano. Os outros 65% correspondem a países em desenvolvimento. No Brasil, estima-se que, no ano de 2021, serão produzidas 11,5 milhões de toneladas de arroz, sendo o estado do Rio Grande do Sul responsável por 70,2% da produção nacional (FAO, 2004; IBGE, 2021a, 2021b). Na Figura 15 é possível ver os maiores produtores de arroz do mundo.

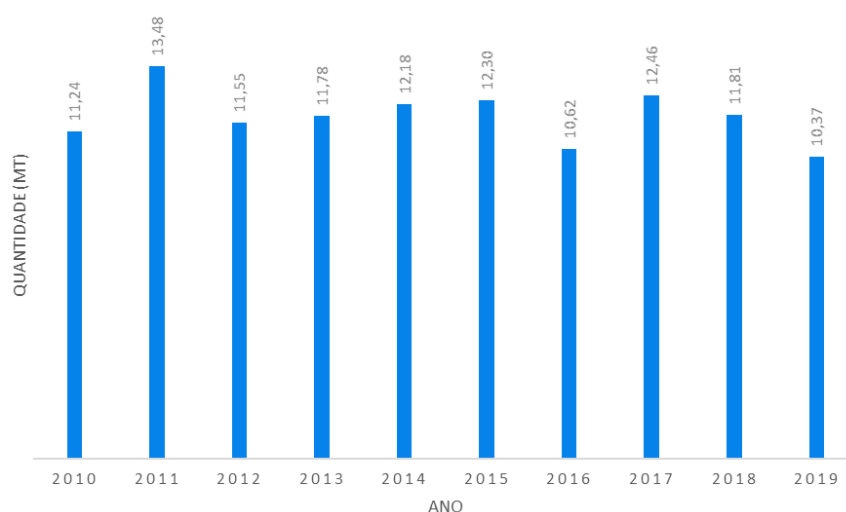
FIGURA 15: MAIORES PRODUTORES DE ARROZ NO MUNDO EM 2006



Fonte: Adaptado de FAO (2008)

A produção brasileira de arroz corresponde a cerca de 1,5% da produção mundial, que, em 2019, foi de cerca de 756 Mt. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o rendimento médio da safra de arroz brasileiro é cerca de 6.891 kg por hectares. Em contramão do cenário mundial, que apresentou um crescimento em média de 9% da produção de arroz nos últimos 10 anos, o Brasil se mantém com leves variações na quantidade produzida desse cereal (IBGE, 2021b), como é possível ver na Figura 16.

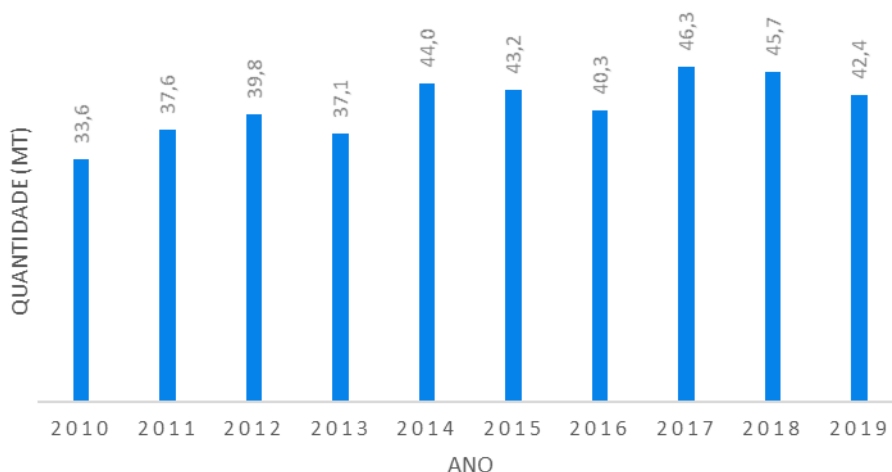
FIGURA 16: TOTAL DE PRODUÇÃO DE ARROZ EM CASCA ENTRE 2010 E 2019 NO BRASIL



Fonte: Adaptado de FAO (2021)

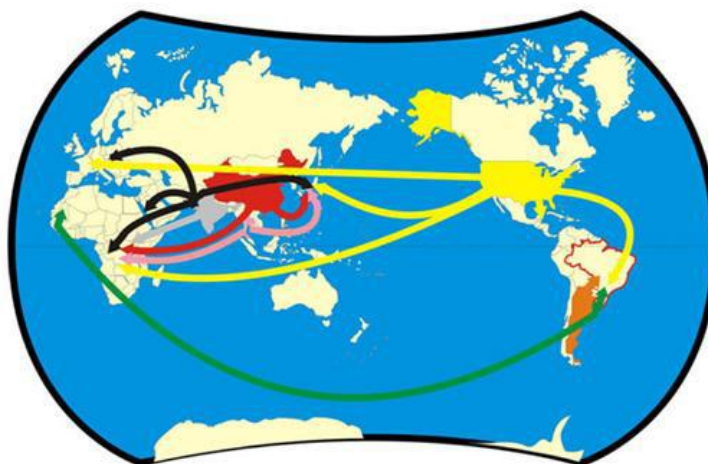
Ao observar o contexto de exportação do arroz, o mercado tem como principais exportadores a Tailândia, o Vietnã, a Índia, os Estados Unidos, a China, o Paquistão, a Austrália, a Itália, o Uruguai, a Argentina e o Egito. O mercado de exportação apresenta grande concentração nos cinco primeiros países citados, correspondendo a cerca de 75% da oferta mundial e a Tailândia representando sozinha cerca de 30%. No que diz respeito às importações do arroz, há um crescimento de forma constante ao longo do tempo. Os principais importadores estão presentes no Oriente Médio, Oeste e Sul da África, e América Latina, entre eles, o Brasil. A quantidade de arroz beneficiado exportado pelo mundo e os principais fluxos de comercialização estão presentes na Figura 17 e 18 (FAO, 2004).

FIGURA 17: EXPORTAÇÃO DE ARROZ POLIDO NO MUNDO



Fonte: Adaptado de FAO (2021)

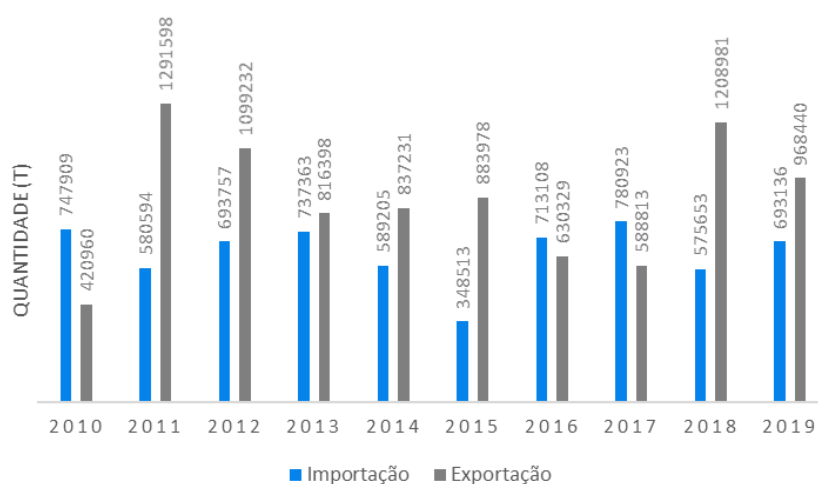
FIGURA 18: PRINCIPAIS FLUXOS DE COMERCIALIZAÇÃO DE ARROZ NO MUNDO



Fonte: Adaptado de FAO (2008)

Por mais que o Brasil não esteja na lista de maiores exportadores do mundo, ao analisar os dados dos últimos 10 anos, o Brasil exportou mais do que importou arroz beneficiado, com exceção dos anos de 2010, 2016 e 2017. Destaque-se o ano de 2011, em que a exportação atingiu mais que o dobro da quantidade importada, como é possível ver na figura 19 (FAO, 2021a).

FIGURA 19: QUANTIDADE DE ARROZ BENEFICIADO IMPORTADO E EXPORTADO PELO BRASIL



Fonte: Adaptado de FAO (2021)

Segundo o Levantamento Sistemático da Produção Agrícola de agosto de 2021, a maior região produtora de arroz no Brasil é a região Sul, consistindo em cerca de 83,0% da produção brasileira, seguido do Norte com cerca de 8,5%, Centro-Oeste com 5,0%, Nordeste com 3,0% e, por último, o Sudeste representando cerca de 0,5% da produção nacional. A produção brasileira utiliza basicamente dois ecossistemas, o arroz irrigado e o arroz de terras altas, o que é, geralmente, determinado pela região em que o grão é produzido (IBGE, 2021b).

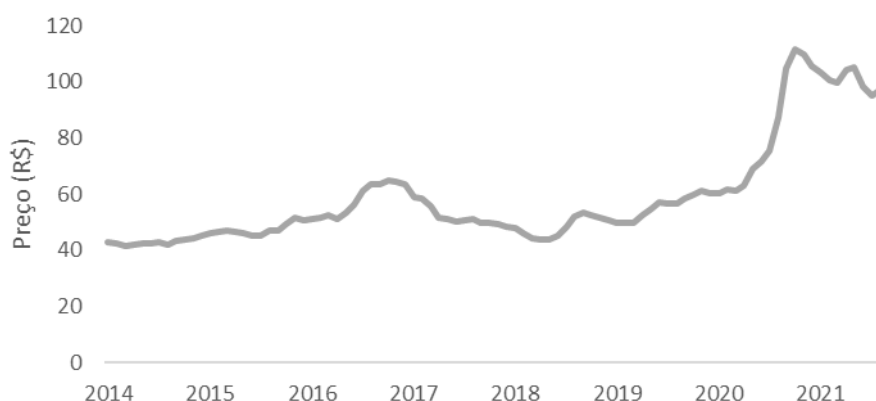
FIGURA 20: PRODUÇÃO DE ARROZ NO BRASIL EM 2006



Fonte: Adaptado de IBGE (2008)

Quanto ao preço do arroz no mercado brasileiro, houve o aumento de cerca de 109% entre março, início da pandemia no Brasil, e setembro de 2020. Esse aumento no preço ocorreu devido ao aumento do consumo, por conta do isolamento social, do pagamento do auxílio emergencial, do desabastecimento do mercado mundial, devido a diminuição das exportações da China, Índia e Vietnã, da valorização do dólar e do aumento dos custos da lavoura (ESTADÃO, 2020). É possível observar nas Figuras 21 e 22 que o aumento de preço no âmbito do produtor foi revertido ao preço pago pelo consumidor.

FIGURA 21: PREÇO MÉDIO NACIONAL DA SACA DE 60 KG DE ARROZ FINO EM CASCA NO PRODUTOR



Fonte: Adaptado de CONAB (2021)

FIGURA 22: PREÇO MÉDIO NACIONAL DO SACO DE 5 KG DE ARROZ BENEFICIADO TIPO I NO VAREJO



Fonte: Adaptado de CONAB (2021)

3.1.9 Risoto

Embora o arroz seja um dos cereais que compõem a base da alimentação de grande parte da população mundial, o desenvolvimento de produtos diferenciados e sofisticados utilizando o arroz ainda não é uma realidade de muitas pessoas e está ligado diretamente ao poder aquisitivo da população. O risoto, que é um exemplo desses tipos de produtos, é um prato típico da culinária italiana, que surgiu, segundo relatos, por volta do ano de 1.574. As variedades de arroz mais comumente utilizadas para preparar esse prato italiano são o “Arbório” e “Carnaroli” (CASTRO et al., 1999;

MARTON, 2014; WICKERT et al., 2018). É possível ver a foto do prato típico italiano na Figura 23.

FIGURA 23: PRATO DE RISOTO DE PÊRA



Fonte: Jornal Extra (2012)

Essas variedades de arroz são as mais escolhidas para a elaboração do risoto devido ao formato redondo dos grãos e a liberação de amilose durante o processo de cozimento, resultando na cremosidade do produto. Esses produtos já são facilmente encontrados nos mercados brasileiros. Entretanto, em razão das plantações dessas variedades não se adaptarem ao sistema de produção brasileira, a maioria dos grãos consumidos são importados da Itália e da Argentina. O resultado da importação é o preço mais elevado quando comparado com as variedades amplamente produzidas no Brasil, como o arroz agulhinha (WICKERT et al., 2018). Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), o quilo do arroz longo fino beneficiado custava em média R\$ 5,09 em julho de 2021 no estado do Rio de Janeiro, enquanto os arrozes carnaroli e arbório são encontrados em mercados do mesmo estado por cerca de R\$ 20,00 o quilo (ZONA SUL, 2021).

3.2 Macroalga

3.2.1 *Kappaphycus alvarezii*

As macroalgas marinhas são definidas como organismos autotróficos, que sintetizam as substâncias essenciais para o seu metabolismo por meio da fotossíntese. São organismos multicelulares, que, assim como as plantas, apresentam clorofila. As macroalgas podem ser divididas em três filos, Rhodophyta, que são as algas vermelhas, Chlorophyta, como o próprio nome já diz, são as algas verdes, e a Phaeophyta, correspondente às algas pardas (NETO; FUJI, 2016).

A atividade econômica de cultivo de algas é chamada de algicultura ou ficocultura e tem se desenvolvido e se expandido de forma rápida nos últimos anos. A algicultura tem se consolidado como uma importante atividade econômica no mundo. De acordo com a FAO, o cultivo de algas cresceu cerca de 11% entre os anos de 2015 e 2019. Além da geração de emprego e renda, o incentivo ao cultivo de algas marinhas eleva a produtividade das áreas costeiras, promove a fixação dos produtores em seu local de origem, diminui a importação de carragenana e alga seca, aumenta a oferta de nutrientes para agricultura, fornece matérias-primas para indústrias de processamento e biocombustíveis, além de possibilitar o surgimento de novos produtos (TAVARES-DIAS; MARIANO, 2015).

Entre as espécies mais cultivadas do Brasil, destaca-se a macroalga *Kappaphycus alvarezii*, originária das Filipinas. A *K. alvarezii* é uma macroalga do filo Rhodophyta e possui o nome comercial “Cottoni”. A alga começou a ser comercializada na década de 1950, buscando suprir a demanda de carragenana do mercado (FACCINI, 2007; TAVARES-DIAS; MARIANO, 2015). É possível ver a macroalga *Kappaphycus alvarezii* na Figura 24.

FIGURA 24: MACROALGA *Kappaphycus alvarezii*



Fonte: Patrícia Guimarães Araújo

A macroalga foi introduzida no Brasil no fim do Século XX, a partir do estado de São Paulo, para suprir as demandas por carragenana e por algas importadas, assim como ocorreu no contexto internacional. O seu cultivo experimental se iniciou em Ubatuba, no litoral norte do estado de São Paulo. Em 1998, começou a ser cultivada na baía da Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro (CASTELAR, 2014; FACCINI, 2007; TAVARES-DIAS; MARIANO, 2015).

A Instrução Normativa nº 1, de 21 janeiro de 2020 do Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis (IBAMA), determina as áreas em que o cultivo da *Kappaphycus alvarezii* é permitido nos litorais do Rio de Janeiro, de São Paulo e de Santa Catarina. Além de fixar as localidades permitidas para cultivo, a norma estabelece que a alga só pode ser cultivada em ambiente em que o substrato seja inconsolidado e onde não haja a presença de bancos naturais de outros organismos fotossintetizantes.

3.2.2 Cultivo da macroalga *Kappaphycus alvarezii*

No que diz respeito ao cultivo da macroalga, a Instrução Normativa do IBAMA citada anteriormente trata, ainda, da importação de novas cepas para cultivo, com o objetivo de que seja feito o estudo de introdução daquela espécie e seja emitido o certificado de comprovação dela. Visto isso, existem dois sistemas de cultivo para a

Kappaphycus alvarezii: (i) o sistema de cultivo imóvel, no qual as plantas são fixadas em postes e fincados no fundo do local, e (ii) o sistema de cultivo flutuante, em que as algas são fixadas por rede ou utilizando cordas (FACCINI, 2007). É possível observar os dois sistemas de cultivo nas Figuras 25 e 26.

FIGURA 25: SISTEMA DE CULTIVO FIXO



Fonte: AlgasTech (2020)

FIGURA 26: SISTEMA DE CULTIVO FLUTUANTE

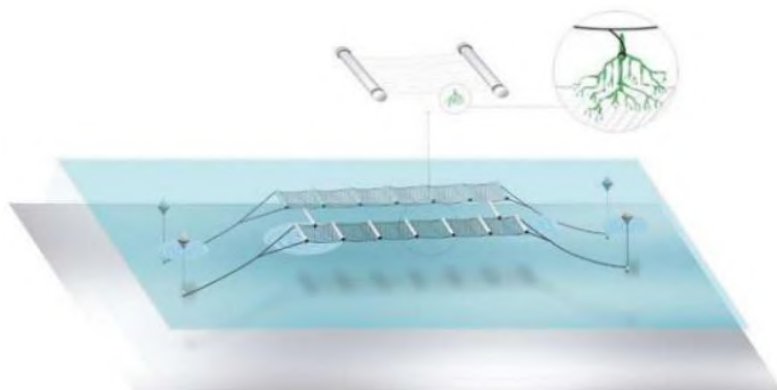


Fonte: Valeria Gelli (2019)

No Brasil, o sistema mais usado é o flutuante, em que são, por vezes, utilizadas balsas para facilitar a realização do cultivo. No Rio de Janeiro, por exemplo, é comum a utilização de balsas, que são posicionadas de maneira paralela à direção dos ventos dominante, medindo por volta de 150m. Cada balsa contém cerca de 30 módulos, que são conectados por meio de cabos de polipropileno e cada um possui um conjunto para que sejam plantadas as mudas. Esse conjunto é feito de nylon com o objetivo de proteger as algas de herbivoria e a dispersão das algas para o ambiente (REIS;

BASTOS; GÓES, 2007). A ilustração do esquema utilizado no cultivo de algas é observada na Figura 27.

FIGURA 27: ESQUEMA DE CULTIVO DE ALGAS



Fonte: Saulo Meirelles e Beatriz Castelar (2007)

O cultivo da alga pode ser realizado a partir duas técnicas diferentes técnicas, quais sejam: a de rede tubular e a de “tie tie”. Estudos indicam que a técnica em que são utilizadas redes tubulares apresentam uma taxa de crescimento maior e mais uniforme, além de fazer uma maior retenção das algas no sistema de cultivo, diminuindo a dispersão delas. Por outro lado, as técnicas não apresentam diferenças significativas quanto à quantidade de carragenana (DE GÓES; REIS, 2012). É possível ver as duas técnicas sendo utilizadas nas Figuras 28 e 29.

FIGURA 28: TÉCNICA DE REDE TUBULAR



Fonte: Gelli (2019)

FIGURA 29: TÉCNICA "TIE TIE"



Fonte: Gelli (2019)

A macroalga *Kappaphycus alvarezii*, segundo algicultores da região da Baía da Ilha Grande, apresenta tempo de cultivo de cerca de 60 dias, cinco ciclos por ano, produção de aproximadamente 23.150 kg/hectares e o cultivo é feito, em média, através de 14 bolsas por hectare. A alga é submetida a um processo de secagem ao sol, com o objetivo de facilitar o transporte e aumentar seu tempo de prateleira. A secagem pode ser feita utilizando redes/lonas suspensas ou ser feita sobre o solo (MELO, 2016). A primeira alternativa se releva mais eficiente em razão de propiciar o contato direto da alga com o sol.

Para o que o cultivo obtenha elevada produção, devem ser avaliados alguns fatores para a instalação dos sistemas anteriores. É recomendado que o cultivo seja feito em baías ou enseadas, com correntes marítimas de 20 a 40 m/min. Além disso, é necessária a boa transparência do mar, temperaturas da água do mar entre 23 e 30°C e a salinidade em média de 30‰ (SEPÚLVEDA, 2002).

3.2.3 Consumo e composição da macroalga *Kappaphycus alvarezii*

Para conscientizar a população global sobre a importância dos oceanos, a Organização das Nações Unidas (ONU) declarou a Década do Oceano entre os anos de 2021 e 2030. O oceano fornece alimento e condições de vidas para mais de 3 bilhões de pessoas no mundo, sendo também responsável por 30 milhões de

empregos diretos. Segundo a FAO, até 2050, a população mundial, provavelmente, irá aumentar em 35%, o que é insustentável para o sistema alimentar atual. Diante desse contexto, as algas marinhas, tal qual a *Kappaphycus alvarezii*, se tornam uma excelente opção para suprir as necessidades alimentares da população nos próximos anos (OCEAN DROP, 2021; UNESCO, 2021).

A macroalga *Kappaphycus alvarezii* se destaca pelos elevados teores de proteína, fibra bruta, ácidos graxos essenciais, minerais e vitaminas como vitamina A e C. Acredita-se que a elevada quantidade de ferro e cálcio se dê por conta de seu metabolismo, que é capaz de absorver elementos diretamente do mar. Além disso, a alga se destaca por conter atividade antioxidante, podendo servir como alimento funcional (FAYAZ et al., 2005). A composição centesimal da alga está presente na Tabela 4.

TABELA 4: COMPOSIÇÃO CENTESIMAL DA MACROALGA *Kappaphycus alvarezii*.

Componente	Percentual (p/p)
Umidade	6,53
Fibras	29,4
Cinzas	19,7
Proteínas	16,64
Lipídios	0,74
Carboidratos	27,4

Fonte: Fayaz et al (2005)

As aplicações das algas como aditivos já são difundidas de maneira importante no Brasil. Porém, a utilização na sua forma integral ainda é limitada (LOPES, 2020). Em locais do mundo como Japão, o consumo de algas na forma integral é comum, principalmente da alga Nori ou *Porphyra spp.*, que também é uma macroalga vermelha, assim como o objeto do presente estudo. Entre as principais aplicações na dieta na forma integral, temos a produção de sushi, que já é possível encontrar no

Brasil, mas também se destaca o consumo da alga frita como aperitivo ou utilizada na produção de patês, preparações veganas, produção de bebidas não alcoólicas e até mesmo a base de massa de macarrão (VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013).

A macroalga *Kappaphycus alvarezii* possui características nutricionais excelentes que se enquadram na busca atual dos consumidores por alimentos funcionais e nutritivos, devido ao seu potencial antioxidante, baixo teor de lipídios e elevados teores de fibras e proteínas (VASCONCELOS; GONÇALVES, 2013).

3.2.4 Produção de Carragenana

A carragenana é o principal produto obtido através da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, o que motivou a implementação da alga em território brasileiro. A carragenana é um polissacarídeo natural obtido através do processo de extração. Os três tipos de carragena (iota, kappa e lambda) são extraídos de diferentes espécies de algas vermelhas. A alga *Kappaphycus alvarezii* se destaca como matéria-prima para extração desse polissacarídeo por conta da qualidade de carragenana produzida. Dela se é extraído o tipo kappa, como sugere o nome (MELO, 2016).

A carragenana é rica em fibras, não é totalmente solúvel em água e necessita de elevadas temperaturas para que seja solubilizada. Sua aplicação na indústria de alimentos tem como objetivo a modificação da textura de produtos (EMBRAPA, 2020). Nesse contexto, a Resolução nº 386, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA), estabelece que a carragenana é um aditivo que pode ser aplicado como espessante, gelificante e estabilizante. É possível ver alguns exemplos dessas aplicações na Tabela 5.

TABELA 5: APLICAÇÕES TÍPICAS DA CARRAGENANA.

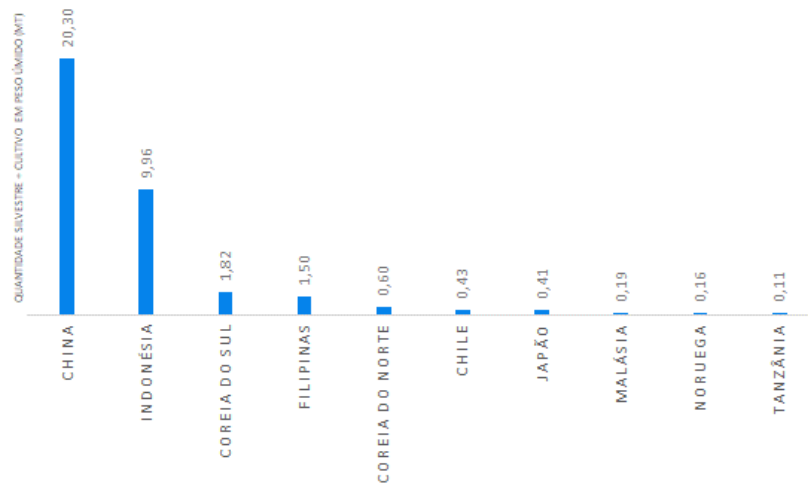
Uso	Função
Géis para sobremesa	Gelificação
Geleias de baixo valor calórico	Gelificação
Géis para produtos de consumo à base de peixe	Gelificação
Xaropes	Suspensão, encorpamento
Sucos de frutas e concentrados em pó	Encorpamento, efeito de polpa
Temperos, molhos para pizza, etc	Encorpamento
Crems de café	Emulsão, estabilização
Crems tipo chantilly	Estabilização de emulsão, espalhamento
Pudins (não lácteos)	Estabilização de emulsão

Fonte: Adaptado de Glickman (1987).

3.2.5 Mercado de Macroalgas

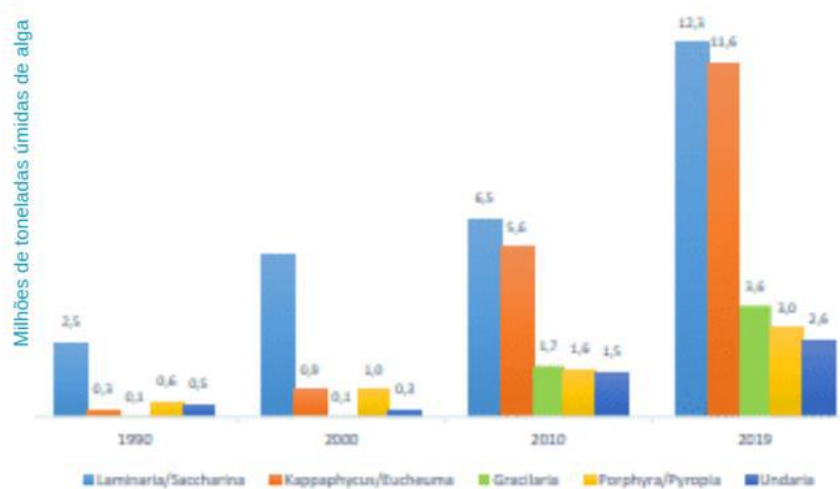
O cultivo de algas marinhas cresceu por volta de 97% nos últimos 50 anos, correspondendo ao montante de aproximadamente 34,7 milhões de toneladas em 2019. Já a quantidade de algas silvestres nesse período se manteve em 1,1 milhões de toneladas. O continente asiático concentra cerca de 97,4% da produção mundial, tendo sete países na lista dos dez maiores produtores do mundo. A América e Europa contribuem com 1,4% e 0,8% da produção mundial, enquanto a África e Oceania contribuem com 0,4% e 0,05% respectivamente. A China se destaca como maior produtor, contribuindo com mais de 50% da produção mundial (FAO, 2021b). Os principais países produtores de algas marinhas do mundo e as principais algas cultivadas estão presentes nas Figuras 30 e 31.

FIGURA 30: MAIORES PRODUTORES MUNDIAIS DE ALGAS MARINHAS



Fonte: Adaptado de FAO (2021)

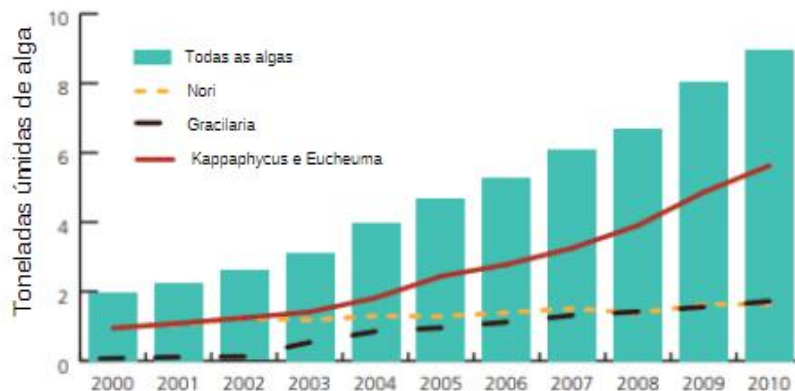
FIGURA 31: PRINCIPAIS ALGAS CULTIVAS NO MUNDO



Fonte: Adaptado de FAO (2021)

Especificamente quanto às algas vermelhas, o aumento do cultivo entre os anos de 1950 e 2019 foi de mais de 50.000%, atingindo uma produção de 18,3 milhões de toneladas. Em relação ao cultivo mundial, a algas vermelhas correspondem a cerca de 52,6% e 47,6% em termos de valor (FAO, 2021b). A Figura 32 mostra o crescimento do cultivo de 2000 até 2010.

FIGURA 32: CULTIVO DE ALGAS VERMELHAS NO MUNDO



Fonte: FAO, 2013

Entre as algas vermelhas, se destaca o cultivo da espécie *Kappaphycus/Euchema*, que, em 2019, foi de 11,6 milhões de toneladas, representando cerca de 33,6% do cultivo mundial de algas. A espécie é produzida por vinte e três países, sendo o maior produtor a Indonésia, sendo responsável por 84% do cultivo, seguida das Filipinas e da Malásia. O Brasil é o maior produtor da América Latina e corresponde a cerca de 0,01% da produção mundial (FAO, 2019, 2021b)

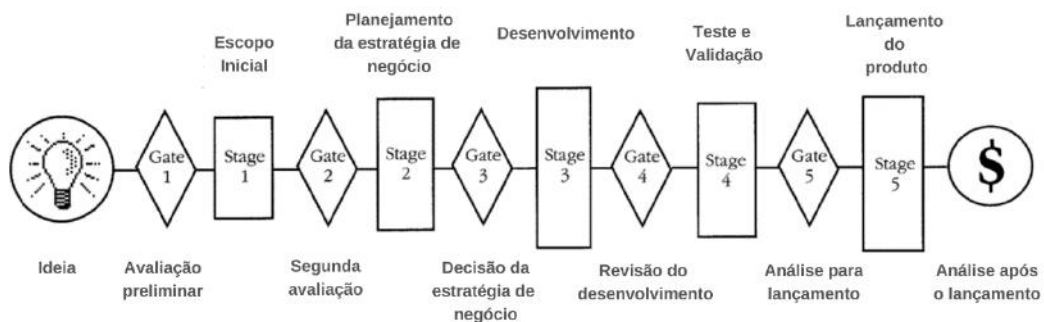
3.3 Metodologia Stage-Gate

A Metodologia Stage-Gate foi publicada pelo Dr. Robert G. Cooper no ano de 1990. O autor teve por objetivo criar um roteiro operacional e conceitual para projetos de desenvolvimento de novos produtos, passando por diferentes fases, desde a ideia até o lançamento do produto em si. O modelo reconhece que a inovação é um processo e, como um processo comum, pode ser gerenciada levando em conta três pilares, são eles: (i) a qualidade de execução; (ii) a lógica de negócios; (iii) e a qualidade do plano de ação (COOPER, 2001, 2016).

O gerenciamento da inovação é feito a partir de estágios e portões. Os estágios (*stages*) consistem em etapas multifuncionais de coleta de informações, análises do produto e resultados, de forma que as atividades são realizadas em paralelo. Cada estágio passa por um portão de decisão, os chamados “*gates*”, que

são os pontos em que se determina se o projeto deve “continuar” ou ser “abortado”. Segundo Cooper, dessa maneira, os projetos inferiores são eliminados e os recursos podem ser alocados para os melhores projetos (COOPER, 1990, 2016). É possível ver o esquema do Modelo Stage-Gate na Figura 33.

FIGURA 33: OVERVIEW DO MODELO STAGE-GATE



Fonte: Adaptado de Cooper (1990)

Segundo Cooper, os estágios podem ser definidos da seguinte maneira:

- **Estágio 0**
Ideia ou *Discovery*: neste estágio, as atividades são voltadas para detecção de oportunidades e novas ideias de produtos.
- **Estágio 1**
Definição do escopo inicial ou *Scoping*: neste estágio, é feita uma avaliação econômica e técnica do projeto. Além disso, é realizada a avaliação do potencial do mercado consumidor.
- **Estágio 2**
Planejamento da estratégia de negócio ou *Build Business Case*: nesta etapa, é elaborada a estratégia de negócio, por meio da viabilidade técnica do projeto, definição do produto, considerando-se a aceitação mercado consumidor e suas preferências, além da realização análise competitiva e financeira.

- Estágio 3

Desenvolvimento ou *Development*: é o estágio em que ocorre o desenvolvimento do novo produto em escala laboratorial. Além dos testes no produto, são definidos os planos operacionais e os testes para os próximos estágios.

- Estágio 4

Teste e validação do escopo inicial ou *Testing & Validation*: neste estágio, se realiza a validação do produto propriamente dito, do processo de produção. Também são avaliados a aceitação dos consumidores e a análise econômica do projeto.

- Estágio 5

Lançamento do produto ou *Launch*: é a etapa de lançamento do produto para comercialização, tanto de *marketing* como de operação (COOPER, 1990, 2016).

Da mesma forma, são definidos os portões ou *gates*:

- Portão 1

Avaliação preliminar da ideia ou *Inicial Screen*: neste primeiro portão, é realizada uma triagem, considerando-se o diferencial do projeto, seu alinhamento estratégico, sua viabilidade e atratividade do mercado. Neste primeiro momento, não são considerados critérios financeiros.

- Portão 2

Segunda avaliação ou *Second Screen*: este portão consiste basicamente na repetição do portão anterior. Porém, a avaliação realizada é mais rigorosa e considera as novas informações obtidas no Estágio 1.

- Portão 3

Decisão sobre a estratégia de negócio ou *Decision on Business Case*:

este é o último portão antes do início do desenvolvimento, ou seja, é o último ponto em que o projeto pode ser cancelado sem que tenham sido realizados investimentos elevados. Nesta etapa, é realizada a avaliação financeira do projeto, além da verificação dos estágios 1 e 2, em relação à qualidade e os resultados.

- Portão 4

Revisão de desenvolvimento ou *Post-Development Review*:

neste portão, é avaliado o desenvolvimento do produto, para garantir que tenha sido feito com qualidade. Também é feita uma verificação do processo e da atratividade, tanto do projeto, quanto do produto.

- Portão 5

Análise para lançamento ou *Pre-Commercialization Business Analysis*:

é o portão final para o lançamento do projeto. Nele, são realizadas as revisões do estágio 4, com o objetivo de garantir a qualidade do trabalho e dos resultados. Nessa etapa, também é fundamental a revisão da análise financeira (COOPER, 1990).

4. METODOLOGIA

O desenvolvimento do arroz para risoto utilizando-se da macroalga *Kappaphycus alvarezii* pautou-se na metodologia Stage-Gate anteriormente narrada. Foram utilizados, nesse processo, cinco estágios e cinco portões, que serão descritos nos próximos tópicos.

4.1 Estágio 0

A primeira etapa é constituída pela geração de ideias, realizada a partir da execução de pesquisas bibliográficas na literatura, na internet e em bases de dados do mercado. A pesquisa foi realizada, primeiramente, quanto à alga *Kappaphycus alvarezii* e, em seguida, a respeito do arroz. No fim do primeiro estágio, a detecção da oportunidade de desenvolver o “arroz para risotos” utilizando arroz branco e a *Kappaphycus alvarezii* foi definida considerando-se os dados dos dois produtos.

4.2 Gate 1

Após a detecção da oportunidade, foi realizada a avaliação preliminar do projeto. Realizou-se, aqui, uma pesquisa de mercado por meio da procura de produtos similares e de possíveis competidores.

Em seguida, foi iniciado o Estágio 1, por meio do preenchimento da planilha de conceito do inicial do produto, para orientação do projeto. Nessa planilha são especificados o nome do produto, o peso, o público-alvo, o custo máximo, os ingredientes, os produtos concorrentes e o diferencial do novo produto. Na Figura 34, é possível observar a planilha de conceito inicial do produto.

FIGURA 34: PLANILHA DE CONCEITO INICIAL DO PRODUTO

Desenvolvimento de novos produtos
Nome do produto:
Peso:
Público alvo:
Custo Máximo:
Ingredientes:
Produtos concorrentes:
Diferencial:

Fonte: O autor (2021)

4.3 Gate 2

Após a definição do conceito do produto, foram adquiridas as matérias-primas e iniciados os testes de formulação. Para aprovação do projeto no gate 2, devem ser definidos a formulação e os parâmetros de produção, bem como realizado o levantamento de informações a respeito das matérias-primas junto aos fornecedores.

4.3.1 Matérias-primas

A macroalga *Kappaphycus alvarezii* utilizada neste trabalho foi cultivada por agricultores da região da Baía da Ilha Grande, no estado do Rio de Janeiro. As algas utilizadas foram coletadas no ano de 2020, em duas localidades, na Praia Vermelha e na Brigada Mirim. A referida macroalga, adquirida já seca, foi fracionada em pedaços menores utilizando uma tesoura e, em seguida, foi triturada utilizando Moinho de Arbel. Na Figura 35, é possível ver as etapas de processamento da macroalga.

FIGURA 35: ETAPAS DE PROCESSAMENTO DA ALGA *KAPPAPHYCUS ALVAREZII*



Fonte: O autor (2021)

O arroz branco utilizado no desenvolvimento do produto é da marca Tio João, lote 28JUN2201D e foi fabricado em 28 de junho de 2021. Foram feitos os mesmos testes para avaliação das características de qualidade utilizando amostras de arroz carnaroli e de arroz arbório. O arroz carnaroli utilizado foi da marca Costazzura, lote C2002576 e fabricado em 21 de outubro de 2020. O arroz arbório utilizado também foi da marca Costazzura, lote C2100334 e fabricado em 11 de fevereiro de 2021.

4.3.2 Formulação

Para definição da formulação do arroz especial para risoto foram testadas diferentes quantidades de alga *Kappaphycus alvarezii*. Mais especificamente, foram testadas três formulações com quantidades diferentes de alga. A alga foi aplicada no arroz branco com o objetivo de substituir a cremosidade presente no arroz arbório e no arroz carnaroli. A formulação está na Tabela 6.

TABELA 6: FORMULAÇÃO DO ARROZ ESPECIAL PARA RISOTO.

Ingredientes (% base arroz)			
Ensaio	01	02	03
Arroz branco	98,00	96,00	97,00
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	2,00	4,00	3,00
TOTAL	100,00	100,00	100,00

Fonte: O autor (2021)

A mistura das matérias-primas foi realizada por meio da utilização do Moinho de Discos Herzog HSM 100. As matérias-primas foram adicionadas na panela do moinho, sem os discos, para que não houvesse a fragmentação delas. O tempo de mistura foi de 60 segundos a 6 bar.

Para a definição da formulação que será aplicada, foram realizados testes para avaliação das características de qualidade das amostras, levando-se em consideração os testes em amostras de arroz carnoli, arroz arbório e arroz branco.

4.3.2.1 Umidade

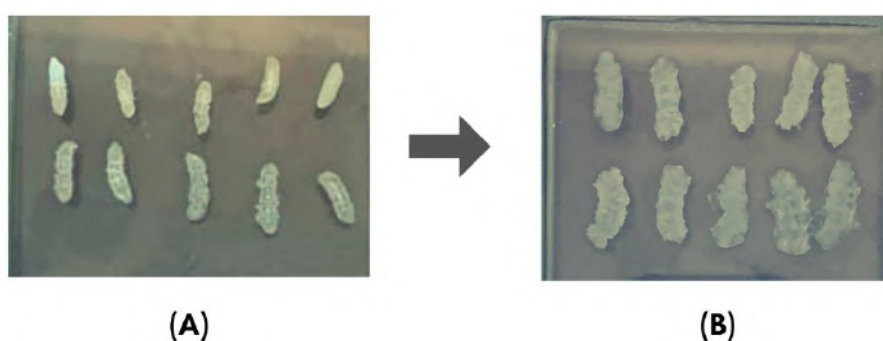
A umidade das amostras foi medida antes do cozimento, meio da utilização da balança de umidade Sartorius MA 150, seguindo o princípio de medição até peso constante. A análise foi realizada com a finalidade de garantir que o produto esteja de acordo com a Instrução Normativa nº 6/2009, do MAPA, e possa ser comercializado.

4.3.2.2 Tempo de cozimento

O tempo de cozimento foi determinado para os três níveis de variação da alga e para amostras de arroz arbório e carnoli. O método utilizado para determinação do tempo de cozimento foi o teste Ranghino (JULIANO, 1985). Para execução, foram adicionados 500mL de água destilada em uma panela e aquecidos até fervura. Em seguida, foram adicionados 10g de amostra e contados 10 min de cocção.

Após esse tempo, a cada minuto, houve a retirada de uma amostra de 10 grãos. Para verificar o cozimento, os grãos foram amassados entre duas placas de vidro e se verificou a presença do hilo branco no centro dos grãos. No momento em que 90% dos grãos passaram a não apresentar o hilo branco, considerou-se o cozimento completo do matéria-prima. A Figura 36 mostra a diferença do arroz com cocção incompleta e do arroz cozido.

FIGURA 36: TESTE DE TEMPO DE COZIMENTO - (A) GRÃOS NÃO COZIDOS; (B) AMOSTRAS COM COZIMENTO COMPLETO



Fonte: O autor (2021)

Após a determinação do tempo de cozimento, foram feitos três testes de cozimento para determinar a quantidade de água necessária para o processo. Para cada amostra, foi colocado o tempo determinado pelo teste e foram adicionados 360 mL de água fervendo. Caso a água secasse antes de concluir o tempo determinado para cozimento total, era adicionada mais água fervendo a partir de uma proveta. A quantidade de água foi definida pela média gasta nos três testes.

4.3.2.3 Absorção de água

O coeficiente de absorção de água foi determinado por meio da definição do parâmetro *Water Cooking Absorption Index* (WCAI). Após a cocção, utilizando-se do tempo pré-determinado, as amostras foram deixadas de repouso por 5 min. Em seguida, elas foram pesadas e se calculou o coeficiente de absorção de água utilizando a Equação 1.

$$WCAI = \frac{Massa\ de\ arroz\ cozido - Massa\ de\ arroz\ cru}{Massa\ de\ arroz\ cru} \quad (1)$$

4.3.2.4 Coeficiente de inchaço

A absorção de água foi determinada nos termos descritos por Champagne (2004). Para determinação do coeficiente, realizou-se a pesagem de 100g de amostra em uma balança semi-analítica e, logo depois, realizada a cocção dela. Após 5 minutos do fim da cocção, realizou-se a pesagem da amostra após o cozimento e o coeficiente de inchaço foi calculado a partir da Equação 2.

$$Coeficiente\ de\ inchaço\ (\%) = \frac{Massa\ de\ arroz\ cozido}{Massa\ de\ arroz\ cru} \times 100 \quad (2)$$

4.3.2.5 Aumento do Volume

Assim como a absorção de água, o aumento do volume foi determinado conforme descrito por Champagne (2004). Para determinação do aumento, executou-se a pesagem de 100g de amostra em balança semi-analítica e houve a medição do volume em proveta de 100 mL. Em seguida, realizou-se a cocção dela utilizando o tempo de cozimento determinado. Por fim, realizou-se a medição do volume da amostra após cozimento e o coeficiente de aumento de volume foi calculado a partir da equação 3.

$$Coeficiente\ de\ aumento\ de\ volume\ (\%) = \frac{Volume\ de\ arroz\ cozido}{Volume\ de\ arroz\ cru} \times 100 \quad (3)$$

4.3.2.6 Análise de Textura

Para determinar a textura das amostras de arroz, realizou-se o teste Texture Profile Analysis (TPA), que imita as condições do processo de mastigação por meio de duas penetrações na amostra. Nesse teste foram determinados os parâmetros de dureza, adesividade, coesividade, gomosidade, mastigabilidade, deformação na dureza, deformação no alvo, elasticidade e de resiliência.

Após o processo de cozimento do arroz, foram retiradas amostras de 40g de arroz a 45°C, que seria a temperatura de consumo do risoto, e a 25°C, que seria a temperatura ambiente. As amostras foram condicionadas em um bécher de 50 mL, tomando-se o cuidado para que não ficassem espaços entre os grãos. Após o fim da pesagem, os grãos foram distribuídos de forma homogênea pelo bécher.

Em seguida, colocou-se as amostras no texturômetro Brookfield Texture Analyzer e foi realizada a análise nas duas temperaturas citadas. Para a análise, utilizou-se o prob de formato cilíndrico, como é possível ver na Figura 37. Foram utilizados os parâmetros de compressão de dois ciclos, velocidade da sonda de 0,5 mm/s, distância de compressão de 5 mm, carga inicial de 0,098 N e tempo entre ciclos de 0s (GARCIA, 2017).

FIGURA 37: ANÁLISE DE TEXTURA DAS AMOSTRAS



Fonte: O autor (2021)

4.3.2.7 Análise de dados

Os resultados da caracterização das amostras foram analisados por ANOVA seguida por Tukey ($p < 0,05$) com auxílio do software Minitab.

4.4 Gate 3

Após a aprovação do Gate 2, iniciou-se a análise de viabilidade econômica do estágio 2. Para o estabelecimento do preço final do produto, realizou-se o levantamento dos custos diretos e dos custos indiretos. Considerou-se que a linha de produção do novo produto seria integrada a uma fábrica de produção de arroz, com capacidade de produção de 100.000 kg do produto por mês.

Os custos diretos correspondem às matérias-primas, à mão de obra, aos insumos, entre outros componentes. O valor da saca de arroz beneficiado tipo 1 foi obtido por intermédio da cotação nacional disponibilizada pelo Planeta Arroz. O valor da alga *Kappaphycus alvarezii* seca foi obtido por meio do estudo de aproveitamento integral da alga por meio de secagem (MELO, 2016). O custo total de matérias-primas é calculado por meio da quantidade aplicada na formulação. Para o custo de transporte dessas matérias-primas, foi feita a consideração de 5% do custo total da compra da matéria-prima.

Em relação aos insumos, considerou-se os custos das embalagens. Esse custo foi obtido em contato com o fornecedor Embalagem Ideal. Os custos de mão de obra foram retirados de um estudo de apuração de custos para indústria de arroz. Nesse custo, foram considerados o FGTS, a provisão férias, o décimo terceiro salário, o vale alimentação, a assistência médica, entre outros benefícios (ZIANI et al, 2018). O custo operacional envolvido na produção foi estimado em R\$ 0,50.

Os custos indiretos correspondem aos custos de depreciação, manutenção, entre outros. Esses custos foram convencionados em 20% do valor do custo direto. O lucro do fabricante foi estabelecido como 40% custo total e o lucro do revendedor em 100% desse mesmo valor, ambos considerando a perda do processo produtivo. Para a produção do arroz especial para risoto, considerou-se a perda de 5% no processo produtivo.

4.5 Gate 4

Após a revisão e a aprovação da viabilidade econômica do projeto, inicia-se a elaboração dos dizeres de rotulagem, o levantamento de informações nutricionais, a análise de alergênicos e a avaliação da vida de prateleira do produto. Também é realizado um estudo para aumento da escala de produção.

4.5.1 Análise de Alergênicos

A análise de alergênicos foi realizada considerando a resolução de rotulagem obrigatória dos principais alimentos que causam alergias alimentares, conforme a Resolução da Diretoria Colegiada (RDC) nº 26 de 02 julho 2015, da ANVISA. A realização da análise se pautou na consulta ao rótulo da matéria-prima, no caso do arroz. Para a alga *Kappaphycus alvarezii*, foi feita a consulta do rótulo da carragenana da marca AgarGel.

4.5.2 Dizeres de Rotulagem

Os dizeres de rotulagem foram elaborados de acordo com as exigências constantes da RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, da ANVISA. Para a formulação do rótulo, utilizou-se o Rotulagem Nutricional Obrigatório: Manual de Orientações às Indústria de Alimentos, publicado pela ANVISA.

O cálculo das composições nutricionais da formulação foi realizado com base na Tabela Brasileira de Composição de Alimentos (TACO) e na análise centesimal da alga *Kappaphycus alvarezii* seca conforme descrita por Wanyonyi *et al* (2017). A umidade da alga foi determinada por meio do método utilizado para determinação da umidade da mistura.

4.5.3 Análise de Vida de Prateleira

Para a análise de vida de prateleira, é comum que sejam realizados teste de vida de prateleira acelerados, tendo-se como estratégia forçar as condições, de modo a acelerar a degradação do alimento. Como o produto proposto possui somente duas matérias-primas, a análise de prateleira foi feita com fundamento na vida útil de seus dois componentes de acordo com a definição do prazo de validade dos alimentos compostos como descrito pelo Guia para determinação de prazos de validade de alimentos (ANVISA, 2018).

4.5.4 Aumento de escala

O estudo de aumento de escala foi realizado a partir do desenho do fluxograma do processo. Além disso, realizou-se a descrição das etapas, os equipamentos e parâmetros de processo considerados para o aumento de escala. A especificação detalhada do processo de fabricação do produto foi realizada tendo como base a produção de 4.000 kg por dia.

4.6 Gate 5

Nesta etapa, elaborou-se a Ficha Técnica do produto. No aludido documento, constam as informações abordadas, obtidas e desenvolvidas pelos portões anteriores. Essa ficha, além de caracterizar o produto, é utilizada na decisão da aprovação ou não do lançamento dele. Caso seja aprovado, o produto começa a ser produzido em larga escala para ser comercializado.

Antes do lançamento, é realizada a revisão das informações dos portões anteriores com o objetivo de garantir a qualidade do processo e do produto. É comum que se faça uma análise do produto após o seu lançamento no mercado, para que se avalie a eficiência da metodologia aplicada. O modelo da ficha técnica está presente na Figura 38.

FIGURA 38: FICHA TÉCNICA PARA ELABORAÇÃO DO PRODUTO

FICHA TÉCNICA DE PRODUTO
Nome do produto:
Descrição:
Custo:
Preço final:
Lucro:
Composição Nutricional
Validade:
Armazenamento:

Fonte: O autor (2021)

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A etapa inicial de captação de oportunidade por meio de pesquisa bibliográfica detectou a oportunidade da aplicação da macroalga *Kappaphycus alvarezii* na forma seca para fornecer a cremosidade ao arroz utilizado no cotidiano do brasileiro, que, como mostrado na etapa de revisão bibliográfica do presente estudo, é o arroz agulhinha. Atingindo a cremosidade esperada, a sua principal aplicação seria na elaboração de pratos de risoto.

Além da identificação da oportunidade de utilizar a alga que é cultivada no estado do Rio de Janeiro, observou-se o elevado preço das variedades de arroz utilizados para a mesma aplicação, quando comparado ao valor médio do arroz agulhinha, como citado anteriormente. Com isso, também foi identificada uma oportunidade econômica no desenvolvimento do produto.

O uso da Metodologia *Stage-Gate* teve como o objetivo a organização e direcionamento do trabalho. Além disso, o método foi utilizado para otimização do tempo de desenvolvimento do novo produto.

5.1 Gate 1

Na primeira etapa de desenvolvimento do produto em si, foram identificados produtos de diversas marcas que teriam a mesma aplicação. Não foi identificada uma aplicação similar para a alga, somente um estudo sobre a adição da macroalga nas propriedades físicas de *snacks* à base de farinha de arroz (LOPES, 2020). Com isso, trata-se de um produto inovador para o abastecimento do mercado alimentício.

Para finalização da primeira etapa e a definição das expectativas do produto, foi preenchida a ficha de conceito inicial. É possível ver a ficha preenchida na Figura 39.

FIGURA 39: PLANILHA DE CONCEITO INICIAL DO PRODUTO PREENCHIDA

Desenvolvimento de novos produtos	
Nome do produto:	Arroz especial para risoto
Peso:	1 kg
Público-alvo:	Famílias brasileiras de baixa e média renda
Custo Máximo:	R\$10,00
Ingredientes:	Arroz branco e alga <i>Kappaphycus alvarezii</i>
Produtos concorrentes:	
Diferencial:	Creiosidade no arroz agulhinha, além de maior teor de minerais e vitaminas

Fonte: O autor (2021)

5.2 Gate 2

Seguidamente à definição do conceito inicial do produto, foram realizados testes com diferentes proporções de alga e arroz. Os testes tiveram como objetivo definir qual a formulação resultaria em um produtor similar aos produtos encontrados no mercado.

Primeiramente, realizou-se a trituração da alga. Essa operação teve a eficiência de 84,17%, obtendo a alga triturada. Optou-se por não fazer a classificação da alga por meio da utilização de peneiras, para que não houvesse mais perdas no processo. Essa escolha não interferiu nos processos seguintes.

Depois de realizada a mistura nas diferentes formulações, foi realizado o teste de umidade, utilizando-se a balança de umidade. O teste teve como objetivo verificar se o produto estaria de acordo com a legislação brasileira, que define a umidade máxima de 14% para arrozes beneficiados.

A umidade da amostra 01 foi menor que as demais. A umidade das amostras 02 e 03 não diferiram significativamente a 95% de confiança. Os resultados da análise estão presentes na Tabela 7.

TABELA 7: RESULTADOS DO TESTE DE UMIDADE DAS TRÊS AMOSTRAS

Amostras	Umidade
01	11,76 ± 0,04 ^a
02	12,17 ± 0,07 ^b
03	12,05 ± 0,03 ^b

Média ± desvio padrão (n=3). Valores significativos a 95% de confiança.

Fonte: O autor (2021)

Como as umidades das três formulações estão de acordo com a Instrução Normativa nº 6/2009, deu-se continuidade aos demais testes de absorção de água, do coeficiente de inchaço e do aumento de volume. Para esses testes, também foram analisadas amostras de arroz arbório (AR), arroz carnaroli (CAR) e arroz branco (BR). Os resultados das seguintes análises podem ser observados na Tabela 8.

Após o teste de cozimento, foram realizadas três cocções de cada amostra para definir o volume de água médio necessário para cozimento total. O volume inicial de água medido foi de 360 mL. No caso das amostras nas quais a água secou sem que fosse completado o tempo de cozimento, adicionou-se 50 mL de água fervendo. Depois do fim das três cocções, utilizou-se os volumes de 360 mL para o arroz branco, 400 mL para a amostra 01 e o arroz arbório, 500 mL para a amostra 02 e o arroz carnaroli, e 600 mL para a amostra 03. É possível visualizar as amostras cozidas na Figura 40.

FIGURA 40: AMOSTRAS DE ARROZ COZIDAS



Fonte: O autor (2021)

Em relação ao teste de cozimento, a única formulação testada que não diferiu das amostras de arroz arbório a 95% de significância foi a amostra 03. A amostra 01 não diferiu da amostra de arroz branco, apresentando tempo menor de cozimento da amostra quando comparadas às demais. O arroz carnaroli apresentou o maior tempo de cozimento, se diferenciando de todas as amostras de maneira significativa. Vale ressaltar que o teste foi realizado para verificar o tempo de cozimento total, ou seja, até o desaparecimento do hilo branco no centro dos grãos. Dessa forma, não foi considerado o tempo de cozimento usual por literaturas culinárias, que consideram o consumo de grãos *al dente*s para algumas variedades de arrozes.

No que diz respeito às análises de *Water Cooking Absorption Index* (WCAI) para determinar a absorção de água pela amostra e o coeficiente de inchaço, a amostra 01 não se diferenciou de forma significativa das amostras de arroz arbório e de arroz carnaroli em ambas as análises. O que significa que a absorção de água e coeficiente de inchaço foi similar entre as três amostras citadas. Por outro lado, a amostras 02, 03 e de arroz branco diferiram entre si e quanto a todas as demais a 95% de significância.

Acerca do aumento de volume das amostras, o arroz branco, arroz carnaroli, arroz arbório e amostra 01 não diferiram entre si a 95% de significância, apresentando valores menores de aumento do volume. Em contrapartida, a amostra 02 não diferiu significativamente da amostra 03.

TABELA 8: RESULTADOS DO TESTE DE COZIMENTO, ABSORÇÃO DE ÁGUA, COEFICIENTE DE INCHAÇO E AUMENTO DE VOLUME.

Amostras	Tempo de cozimento (min)	WCAI	Coefficiente de inchaço (%)	Aumento de Volume (%)
01	23,00 ± 1,00 ^d	2,41 ± 0,09 ^c	340,95 ± 8,82 ^c	285,75 ± 4,20 ^b
02	30,00 ± 1,00 ^b	3,14 ± 0,11 ^a	414,34 ± 11,18 ^a	334,14 ± 2,02 ^a
03	27,33 ± 2,08 ^{b,c}	2,72 ± 0,06 ^b	371,63 ± 5,90 ^b	316,33 ± 1,67 ^a
AR	26,00 ± 0,58 ^c	2,30 ± 0,10 ^c	330,28 ± 9,82 ^c	272,33 ± 11,04 ^b
CAR	34,00 ± 1,00 ^a	2,32 ± 0,03 ^c	332,56 ± 3,19 ^c	283,12 ± 13,47 ^b
BR	22,33 ± 0,58 ^d	1,94 ± 0,14 ^d	293,78 ± 13,99 ^d	286,73 ± 6,38 ^b

Média ± desvio padrão (n=3). Valores significativos a 95% de confiança.

Fonte: O autor (2021).

O teste de TPA foi realizado em quintuplicada a 25 e 45°C de temperatura, porém, foram excluídos os dois dados com maior divergência. Os resultados do teste estão apresentados nas Tabelas 9 e 10.

No que diz à dureza do alimento, trata-se do parâmetro mais importante para descrever a qualidade alimentar do arroz. Esse parâmetro está relacionado com a força de ruptura do material. Ao observar os resultados, é possível ver que para esse parâmetro a 25°C, as amostras 01 e 03 não diferiram significativamente das amostras de arroz arbório, carnaroli e branco a 95% de confiança. Enquanto isso, a amostra 02 diferiu de todas as demais. Ao analisar o mesmo parâmetro a 45°C, todas as formulações testadas não diferiram significativamente das amostras de arroz arbório e arroz carnaroli. Isso mostra que, a 45°C, as amostras são bem similares aos arrozes utilizados na preparação de risoto em relação à dureza.

Quando se trata da deformação na dureza e deformação no alvo, nas duas temperaturas analisadas não houve diferença significativa a 95% de confiança entre todas as amostras. Outro parâmetro analisado foi a adesividade, que consiste no trabalho necessário para ultrapassar as forças de atração entre as amostras e a sonda do equipamento. No que diz respeito à adesividade, a 25°C, as amostras 01, 02 e 03 diferiram significativamente das amostras de arroz arbório e carnaroli. Porém, as amostras 01 e 03 não diferiram significativamente do arroz branco. Já a 45°C, a única amostra que diferiu significativamente das demais nesse parâmetro foi a amostra de arroz arbório.

Quando se trata de resiliência da amostra e coesividade, esses parâmetros consistem, respectivamente, na resposta da amostra após a compressão e a força de ligação internas que definem a estrutura do alimento. A 25°C, no que diz respeito à resiliência, as amostras 01 e 02 não diferiram das amostras de arroz arbório, carnaroli e branco a 95% de significância. Por outro lado, a amostra 02 diferiu significativamente da amostra de arroz carnaroli. Acerca da coesividade a 25°C, apenas a amostra de arroz branco diferiu significativamente das demais. Em contrapartida, todas as amostras não diferiram significativamente nos dois parâmetros a 45°C.

O parâmetro elasticidade diz respeito a quanto material recupera sua forma após a deformação. Os resultados da análise para elasticidade mostraram que apenas a amostra 01 não diferiu significativamente dos dois arrozes utilizados para a preparação do risoto nas duas temperaturas analisadas. A mesma situação ocorreu para os resultados de mastigabilidade, que consiste na energia requerida para mastigar o alimento. De outro modo, a gomosidade trata-se da energia requerida para mastigar um alimento semi-sólido. Das três formulações testadas, nenhuma delas diferiu significativamente dos arrozes carnaroli e arbório, a 45°C. Porém, a 25°C, a amostra 02 diferiu dos arrozes carnaroli e arbório a 95% de significância (GARCIA, 2017).

TABELA 9: RESULTADOS DO TESTE TPA a 25°C.

Amostras (Temp. 25°C)	01	02	03	AR	CAR	BR
Dureza (N)	0,804 ± 0,0090b,c	1,525 ± 0,319a	0,811 ± 0,082b,c	0,585 ± 0,005b,c	0,875 ± 0,003b	0,484 ± 0,059c
Deformação na Dureza (mm)	4,98 ± 0,01a	4,99 ± 0,01a	4,98 ± 0,01a	4,98 ± 0,01a	4,98 ± 0,03a	4,99 ± 0,01a
Deformação no alvo (mm)	4,99 ± 0,01a	5,00 ± 0,01a	4,99 ± 0,01a	5,00 ± 0,01a	5,00 ± 0,00a	5,00 ± 0,01a
Adesividade (g cm)	1,3 ± 0,4c	4,7 ± 0,4a	0,6 ± 0,1c	2,8 ± 0,9b	2,6 ± 0,5b	0,4 ± 0,2c
Resiliência	0,13 ± 0,01b	0,13 ± 0,01a,b	0,17 ± 0,02a	0,14 ± 0,02a,b	0,13 ± 0,02b	0,15 ± 0,01a,b
Coesividade	0,35 ± 0,02a	0,39 ± 0,03a	0,36 ± 0,02a	0,39 ± 0,02a	0,38 ± 0,4a	0,27 ± 0,02b
Elasticidade (mm)	1,81 ± 0,07b	2,27 ± 0,21a	1,93 ± 0,01a,b	1,87 ± 0,18a,b	1,96 ± 0,15a,b	1,37 ± 0,20c
Gomosidade (N)	0,28 ± 0,04b	0,60 ± 0,09a	0,29 ± 0,03b	0,23 ± 0,02b,c	0,30 ± 0,06b	0,12 ± 0,04c
Mastigabilidade (g cm)	5,3 ± 1,0b,c	13,6 ± 1,2a	5,8 ± 0,6b,c	4,2 ± 0,8c	6,8 ± 0,8b	1,8 ± 0,8b

Média ± desvio padrão (n=3). Valores significativos a 95% de confiança.

Fonte: O autor (2021).

TABELA 10: RESULTADOS DO TESTE TPA a 45°C.

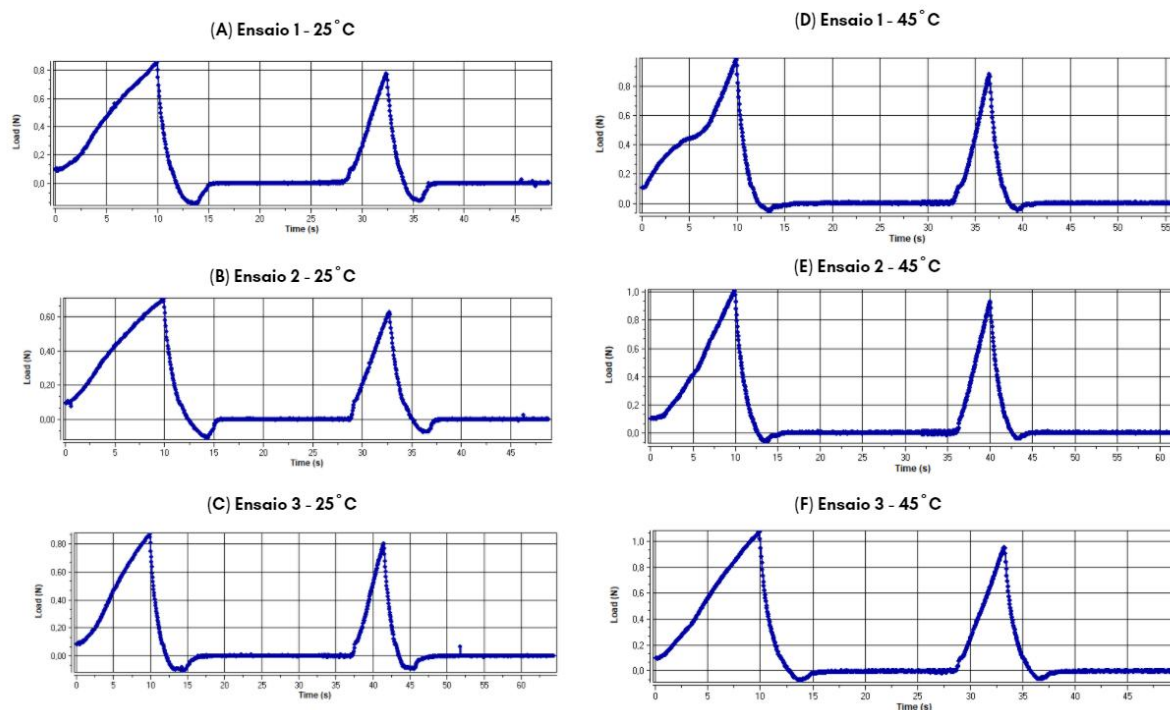
Amostras (Temp. 45°C)	01	02	03	AR	CAR	BR
Dureza (N)	1,018 ± 0,045a	1,066 ± 0,033a	0,889 ± 0,114a	1,043 ± 0,156a	0,842 ± 0,036a	0,435 ± 0,028b
Deformação na Dureza (mm)	4,98 ± 0,02a	5,00 ± 0,01a	4,99 ± 0,02a	4,99 ± 0,01a	4,98 ± 0,01a	4,99 ± 0,01a
Deformação no alvo (mm)	4,99 ± 0,00a	5,00 ± 0,01a	4,99 ± 0,01a	4,99 ± 0,01a	4,99 ± 0,01a	5,00 ± 0,00a
Adesividade (g cm)	0,6 ± 0,3a	1,0 ± 0,3a	1,9 ± 0,7a	3,9 ± 0,7b	1,9 ± 0,3a	0,7 ± 0,1a
Resiliência	0,17 ± 0,03a	0,16 ± 0,01a	0,17 ± 0,04a	0,15 ± 0,01a	0,14 ± 0,02a	0,17 ± 0,02a
Coesividade	0,37 ± 0,03a	0,32 ± 0,03a	0,38 ± 0,02a	0,40 ± 0,04a	0,38 ± 0,08a	0,34 ± 0,03a
Elasticidade (mm)	1,81 ± 0,02a,b	1,72 ± 0,27a	1,63 ± 0,18a	2,27 ± 0,06b	1,77 ± 0,14a	1,67 ± 0,12a
Gomosidade (N)	0,38 ± 0,04a	0,36 ± 0,07a	0,34 ± 0,03a	0,41 ± 0,04a	0,32 ± 0,06a	0,15 ± 0,02b
Mastigabilidade (g cm)	7,0 ± 1,4a,b	6,1 ± 1,4b	5,6 ± 1,0b	9,5 ± 0,8a	5,7 ± 0,6b	2,5 ± 0,5c

Média ± desvio padrão (n=3). Valores significativos a 95% de confiança.

Fonte: O autor (2021).

Considerando todos os dados apresentados, foi escolhida a formulação 01 para desenvolvimento do produto. A escolha se deu devido à similaridade da formulação 01 em relação aos arrozes arbório e carnaroli. As curvas do comportamento da amostra 01 no teste de TPA estão presentes na Figura 41.

FIGURA 41: COMPORTAMENTOS GERAL DOS ENSAIOS DA AMOSTRA 01 NO TESTE DE TPA.



Fonte: O autor (2021)

5.3 Gate 3

Depois da definição da formulação utilizada no desenvolvimento do produto, realizou-se a análise de viabilidade econômica do arroz especial para risoto. Em primeiro lugar, realizou-se o cálculo do custo de matéria-prima. Para isso, foram utilizados os preços e a quantidade de matérias-primas na formulação do produto. Os resultados para o custo de matérias-primas está presente na Tabela 11.

TABELA 11: CÁLCULO DO CUSTO DAS MATÉRIAS-PRIMAS PARA PRODUÇÃO

Ingredientes	Formulação/100g	Formulação/embalagem (g)	Preço/kg(R\$)	Preço/embalagem(R\$)
Arroz	98,0	980,0	2,40	2,35
<i>Kappaphycus alvarezii</i>	2,0	20,0	14,48	0,29
TOTAL	100,0	1000,0	16,88	2,64

Fonte: O autor (2021).

Em seguida, foram calculados os custos totais para produção da embalagem de 1kg do produto. Os custos foram definidos conforme descrito no tópico 4.4 do presente estudo e estão apresentados na Tabela 12. Para a produção de 100.000 kg do arroz por mês, o custo total de produção do fabricante é de cerca de R\$400.000.

TABELA 12: CÁLCULO DO CUSTO TOTAL DE PRODUÇÃO.

Custos	Preço/embalagem(R\$)
Custo de matéria-prima total	2,64
Custo de transporte de matéria-prima	0,132
Embalagem	0,002
Custo de mão de obra	0,048
Outros custos operacionais	0,50
Custo indireto	0,66
TOTAL	3,99

Fonte: O autor (2021).

Considerando o lucro do fabricante, o lucro do revendedor e a porcentagem de perda de produção, realizou-se o cálculo do preço de venda do produto para o consumidor. O preço de venda do produto para o consumidor foi de R\$11,73. Tendo em vista que o preço médio de arrozes arbório e carnaroli são de R\$20,00, o produto a ser desenvolvido teve um decréscimo de R\$8,27 no preço da embalagem de 1kg. Conforme descrito, o preço de venda está presente na Tabela 13.

TABELA 13: PREÇO DE VENDA DO PRODUTO AO CONSUMIDOR.

Custos	Preço/embalagem(R\$)
Custo total de produção	3,99
Perda de produção (5%)	0,20
Preço de venda para atacadista	5,87
Preço de venda para o consumidor	11,73

Fonte: O autor (2021).

5.4 Gate 4

5.4.1 Análise de Alergênicos

Por meio da consulta do rótulo do arroz e da ficha técnica da carragenana, foi realizada a análise de alergênicos, nos termos da lista constante da RDC nº 26, de 02 julho 2015, da ANVISA. A Tabela 14 apresenta o resultado da análise de alergênicos do produto desenvolvido.

TABELA 14: ANÁLISE DE ALERGÊNICOS.

Alergênicos	Contém		Pode conter	
	Sim	Não	Sim	Não
Trigo, centeio, cevada, aveia e suas estirpes hibridizadas		X		X
Crustáceos		X		X
Ovos		X		X
Peixes		X		X
Amendoim		X		X
Soja		X		X
Leites de todas as espécies de animais mamíferos		X		X
Amêndoa (<i>Prunus dulcis</i> , sin.: <i>Prunus amygdalus</i> , <i>Amygdalus communis</i> L.)		X		X
Avelãs (<i>Corylus spp.</i>)		X		X
Castanha-de-caju (<i>Anacardium occidentale</i>)		X		X
Castanha-do-brasil ou castanha-do-pará (<i>Bertholletia excelsa</i>)		X		X
Macadâmias (<i>Macadamia spp.</i>)		X		X
Nozes (<i>Juglans spp.</i>)		X		X
Pecãs (<i>Carya spp.</i>)		X		X
Pistaches (<i>Pistacia spp.</i>)		X		X
Pinoli (<i>Pinus spp.</i>)		X		X
Castanhas (<i>Castanea spp.</i>)		X		X
Látex natural		X		X

Fonte: O autor (2021).

5.4.2 Dizeres de Rotulagem

Para determinação dos dizeres de rotulagem, primeiro, foi determinado o teor de umidade da alga por meio da Balança de Umidade. Em seguida, calculou-se a porcentagem de cada macronutriente presente na alga, tendo como base a análise centesimal da alga seca em base seca (WANYONYI et al., 2017). A composição do arroz cozido foi obtida por meio da Tabela TACO.

O primeiro passo estabelecido pelo manual sobre Rotulagem Nutricional Obrigatório da ANVISA é a determinação da porção e a medida caseira correspondente. Considerou-se como base, a alimentação diária de 2000 kcal ou 8400kJ. Como se trata de um alimento do nível 1 (Produtos de panificação, cereais, leguminosas, raízes, tubérculos e seus derivados), o valor médio energético por porção deve ser de 150 kcal.

Conforme os valores diários de referência de ingestão definidos pela RDC nº 360, de 23 de dezembro de 2003, da ANVISA, a porcentagem de valor diário foi calculada para cada macronutriente. Além disso, acrescentou-se no rótulo as quantidades de cálcio, como recomendado pela ANVISA, e magnésio, por conta de a quantidade presente no alimento ser maior que 5% do valor de ingestão diária recomendada para esse nutriente. O rótulo do produto com as informações nutricionais está presente na Figura 42.

FIGURA 42: DIZERES DE ROTULAGEM OBRIGATÓRIOS

Arroz especial para risoto - Embalagem de 1kg

INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Porção de 50 g (1/4 de xícara)***		
	Quantidade por porção	%VD (*)
Valor energético	172 kcal = 720 kJ	9
Carboidratos	39g	13
Proteínas	3,5g	5
Gorduras totais	0,0g	0
Gorduras saturadas	0,0g	0
Gorduras trans	0,0g	**
Fibra alimentar	1,1g	4
Sódio	32mg	1
Cálcio	26mg	3
Magnésio	20mg	8

(*)%Valores Diários referentes com base em uma dieta de 2.000kcal ou 8.400kJ. Seus valores diários podem ser maiores ou menores dependendo de suas necessidades diárias

**Não possui valor diário de referência especificado

***Referente ao arroz cru

INGREDIENTES: Arroz Tipo 1 e macroalga *Kappaphycus alvarezii*

Validade:

Data de fabricação:

Lote:

Produzido por:

Conservar em local seco e arejado, livre de infestações e longe de produtos que liberem cheiro

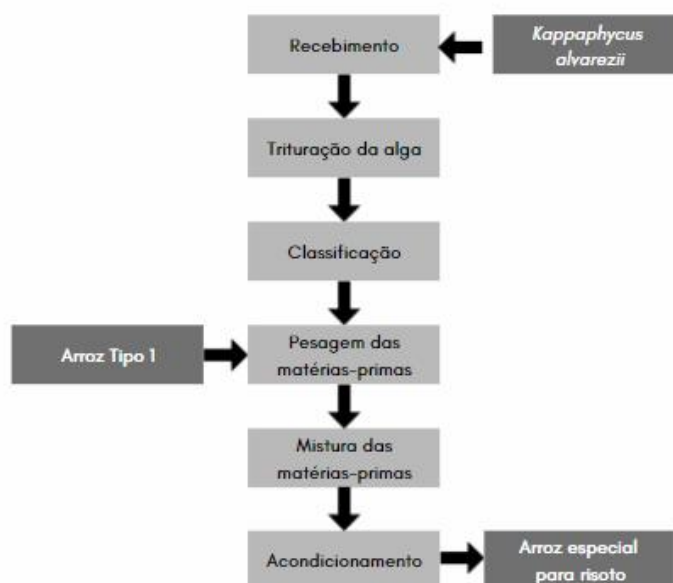
5.4.3 Análise de Vida de Prateleira

A análise da vida de prateleira do produto foi feita a partir da vida útil dos seus dois componentes. Para a vida útil da macroalga *Kappaphycus alvarezii*, foi utilizado o estudo de vida de prateleira realizado por Senthil *et al* (2010). O estudo mostra que a alga não sofre alterações quando aplicada em diversos alimentos em períodos de 30, 90 e 120 dias. Com relação ao arroz, foi utilizado como base o prazo de validade admitido pelo produtor Tio João, qual seja, o período de doze meses. Considerando-se os dados das duas matérias-primas, a validade do produto seria de um total de doze meses.

5.4.4 Aumento da escala

Para o aumento de escala de produção, foram realizados o fluxograma e a descrição das etapas tendo como base a produção de 4.000 kg por dia de arroz especial para risoto em uma fábrica já produtora de arroz. O fluxograma de produção do arroz em grande escala pode ser visto na Figura 43.

FIGURA 43: FLUXOGRAMA DE PRODUÇÃO DO ARROZ ESPECIAL PARA RISOTO



Fonte: O autor (2021).

A primeira etapa do processo consiste no recebimento da macroalga *Kappaphycus alvarezii*. A macroalga é recebida em bags já seca, no próprio recebimento é feita a inspeção da matéria-prima para liberação da entrada dela na fábrica. Nessa etapa, são verificadas as embalagens, laudos técnicos e realizadas as análises laboratoriais para garantia da qualidade da matéria-prima a ser recebida. Caso os itens estejam de acordo com as especificações determinadas pela fábrica, a matéria prima é recebida e armazenada.

Em seguida, a alga deve passar pela etapa de trituração e classificação para garantir a uniformidade da matéria-prima no produto. O arroz produzido na mesma fábrica é pesado e adicionado ao misturador. O mesmo ocorre com a alga, ambos seguindo a proporção da formulação por batelada de produção. Os ingredientes são misturados entre si. Depois de já misturado, o produto é acondicionado em embalagens de polietileno de 1 kg. Por fim, o produto é armazenado em local seco, arejado e livre de pragas.

5.5 Gate 5

A última etapa do desenvolvimento de produto é o envio dele e de sua ficha técnica para a empresa. A empresa deve avaliar todas as informações para decidir sobre o lançamento e estratégias de *marketing* do produto. Para finalização do último *gate*, foi elaborada a ficha técnica do produto, conforme é possível observar na Figura 44.

FIGURA 44: FICHA TÉCNICA DO ARROZ ESPECIAL PARA RISOTO

FICHA TÉCNICA DE PRODUTO		
Nome do produto: Arroz especial para risoto		
Descrição: Arroz para aplicação em risotos, utilizando arroz branco polido e a macroalga <i>Kappaphycus alvarezii</i>		
Custo: R\$3,99		
Preço final: R\$11,73		
Lucro: R\$1,68		
Composição Nutricional	INFORMAÇÃO NUTRICIONAL Porção de 50 g (1/4 de xícara)***	
	Quantidade por porção	
	Valor energético	172 kcal = 720 kJ
	Carboidratos	39g
	Proteínas	3,5g
	Gorduras totais	0,0g
	Gorduras saturadas	0,0g
	Gorduras trans	0,0g
	Fibra alimentar	1,1g
	Sódio	32mg
	Cálcio	28mg
	Magnésio	20mg
	%VD (%)	
	9	
13		
5		
0		
0		
—		
4		
1		
3		
8		
Validade: 12 meses		
Armazenamento: Conservar em local seco e arejado, livre de infestações e longe de produtos que liberem cheiro.		

Fonte: O autor (2021).

6. CONCLUSÃO

A utilização da macroalga *Kappaphycus alvarezii* no desenvolvimento do produto arroz especial para risoto resultou em um produto com características similares aos produtos existentes no mercado para essa aplicação, destacando-se, dentre essas características, o coeficiente de inchaço, a absorção de água, a dureza, a mastigabilidade e a gomosidade.

Do ponto de vista econômico, o produto desenvolvido custou R\$11,73, cerca de 41% a menos que os produtos já existentes no mercado. Esse fato faz com que o produto possa atingir outros mercados consumidores, formado, especialmente, por pessoas com menor renda. A oportunidade detectada seria a produção em uma fábrica já produtora de arroz, como a Tio João.

A utilização da metodologia *Stage-Gates* colaborou com a organização e a otimização do desenvolvimento do produto. As informações coletadas nos diversos estágios contribuíram para a expansão de conhecimento sobre o produto e seu mercado consumidor. Como oportunidade futura, pode ser realizada a análise sensorial do produto com o mercado consumidor, para fins de avaliar a sua aceitação.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANVISA. **Resolução - RDC nº 360, de 23 de dezembro 2003**. Disponível em: <<http://antigo.anvisa.gov.br/legislacao#/visualizar/27327>>. Acesso em: 20 set. 2021.

ANVISA. **Resolução - RDC nº 26, de 2 de julho de 2015**. Disponível em: <http://portal.anvisa.gov.br/documents/10181/2694583/RDC_26_2015_.pdf/b0a1e89b-e23d-452f-b029-a7bea26a698c>. Acesso em: 20 set. 2021.

ANVISA. Guia para determinação de prazos de validade de alimentos. **Diário da União**, p. 1–76, 2018.

ANVISA. **Resolução - RDC nº 386, de 15 de maio de 2020**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/resolucao-rdc-n-386-de-15-de-maio-de-2020-258335933>>. Acesso em: 15 set. 2021.

CASTELAR, B. **Algicultura de espécies nativas: alternativas ao uso da espécie exótica *Kappaphycus alvarezii* (Doty) Doty ex P.C.Silva (Rhodophyta, Solieriaceae) em áreas de alto risco de invasão no Brasil** Rio de Janeiro Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, , 2014.

CASTRO, E. D. M. DE et al. Qualidade de grãos em arroz. **Embrapa Arroz e Feijão**, v. 34, p. 1–30, 1999.

CHAMPAGNE, E. T. **Rice chemistry and technology**. 3. ed. St. Paul: American Association of Cereal Chemists, Inc., 2004.

CHAUHAN, B.; JABRAN, K.; MAHAJAN, G. **Rice Production Worldwide**. 1. ed. Gatton: Springer, 2017.

CONAB. **Preços agrícolas, da sociobio e da pesca**. Disponível em: <<http://sisdep.conab.gov.br/precosiagroweb/>>. Acesso em: 8 set. 2021.

COOPER, R. Stage Gate Systems: a new tool for managing new products. **Business Horizons**, n. June, p. 54, 1990.

COOPER, R. **Winning at new products: creating value through Innovation**. 4. ed. Nova Iorque: Basic Books, 2001.

COOPER, R. **Your Roadmap for New Product Development**. Disponível em: <<http://www.prod-dev.com/stage-gate.php%0AThe>>. Acesso em: 18 set. 2021.

DE GÓES, H. G.; REIS, R. P. Temporal variation of the growth, carrageenan yield and quality of *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales) cultivated at Sepetiba bay, southeastern Brazilian coast. **Journal of Applied Phycology**, v. 24, n. 2, p. 173–180, 2012.

DELCOUR, J. A.; HOSENEY, R. **Principles of Cereal Science**. 3. ed. St. Paul: AACC International, Inc., 1986.

EMBRAPA. **Seaweed offers beneficial effects to the human digestive system**. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/en/busca-de-noticias/-/noticia/49656379/algas-marinhas-apresentam-efeitos-beneficos-ao-sistema-digestivo-humano>>. Acesso em: 15 set. 2021.

ESTADÃO. **Preço do arroz pode subir ainda mais, diz associação de supermercados**. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mercado/2020/09/preco-do-arroz-pode-subir-ainda-mais-diz-associacao-de-supermercados.shtml>>. Acesso em: 8 set. 2021.

FACCINI, A. X Simpósio de Biologia Marinha da UNISANTA. **Universidade Santa Cecília**, p. 15, 2007.

FAO. **Long-term prospects for the global rice economy**. South Asia. **Anais...**Rome: Food and Agriculture Organization, 2004

FAO. Top 10 species groups in global aquaculture. **Fao Fisheries and Aquaculture Technical Paper**, p. 2019–2022, 2019.

FAO. **FAOSTAT**. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 7 set. 2021a.

FAO. Seaweeds and microalgae: an overview for unlocking their potential in global aquaculture development. v. 1, p. 36, 2021b.

FAYAZ, M. et al. Chemical composition, iron bioavailability, and antioxidant activity of *Kappaphycus alvarezii* (Doty). **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 53, n. 3, p. 792–797, 9 fev. 2005.

FERREIRA, C. M.; NEVES, P. C. F.; CHAVES, R. Q. Arroz Aromático: Uma Nova Opção de Arroz para o Mercado. 2003.

FRANCO, D. et al. Indicação de Tipos Especiais de Arroz para Diversificação de Cultivo 133. p. 1–8, 2012.

GARCIA, I. **Influência de diferentes variedades de arroz carolino no seu comportamento em cozedura**CoimbraPolitécnico de Coimbra, , 2017.

GUIMARÃES, C.; FAGERIA, N.; FILHO, M. Como a planta de milho se desenvolve. **Encarte de informações agronômicas**, n. 103, p. 1–20, 2003.

IBAMA. **Instrução Normativa Nº 1, de 21 de janeiro de 2020**. Disponível em: <<https://www.in.gov.br/web/dou/-/instrucao-normativa-n-1-de-21-de-janeiro-de-2020-239404226>>. Acesso em: 10 set. 2021.

IBGE. **Em maio, IBGE prevê safra de 262,8 milhões de toneladas para 2021**. Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/30916-em-maio-ibge-preve-safra-de-262-8-milhoes-de-toneladas-para-2021>>. Acesso em: 7 set. 2021a.

IBGE. **LSPA - Levantamento Sistemático da Produção Agrícola**. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9201-levantamento-sistematico-da-producao-agricola.html?=&t=destaques>>. Acesso em: 7 set. 2021b.

IRRI. **Rice grain quality and marketing**. Manila: Internacional Rice Research Institute, 1985.

JULIANO, B. **Rice in human nutrition**. Disponível em: <<http://www.fao.org/3/t0567e/t0567e00.htm>>. Acesso em: 30 ago. 2021.

JULIANO, B. O.; BECHTEL, D. B. The grain and its gross composition. **Rice chemistry and technology**, n. March, p. 17–57, 1985.

LOPES, J. **Influência da adição da macroalga Kappaphycus alvarezii nas propriedades físicas de snacks à base de farinha de arroz**FlorianópolisUniversidade Federal de Santa Catarina, , 2020.

MAPA, MINISTÉRIA DA AGRICULTURA, P. E A. **Ministério da Agricultura**,

Pecuária e Abastecimento (MAPA) - Instrução Normativa 6/2009. Disponível em: <<http://sistemasweb.agricultura.gov.br/>>. Acesso em: 4 set. 2021.

MARSHALL, W.; WADSWORTH, J. **Rice Science and Technology**. 1. ed. Nova Orleans: [s.n.].

MARTON, R. **Rice: A Global History**. 1. ed. Londres: Reaktion Books, 2014.

MELO, G. **Projeto Preliminar de um Processo para Aproveitamento Integral da Macroalga Kappaphycus alvarezii Projeto de Final de Curso** Rio de Janeiro Universidade Federal do Rio de Janeiro, , 2016.

NETO, J.; FUJI, M. **Guia Ilustrado de Identificação e Utilização de Algas Marinhas Bentônicas do Estado de São Paulo**. 1. ed. São Paulo: Rima, 2016.

OCEAN DROP. **O oceano como fonte alimentar**. Disponível em: <<https://my.oceandrop.com.br/oceano-como-fonte-alimentar/>>. Acesso em: 12 set. 2021.

PEREIRA, J.; MORAIS, O. As Variedades de Arroz Vermelho Brasileiras. **Embrapa**, v. 1, p. 39, 2014.

PRISCILA ZACZUK BASSINELLO, E. DA M. DE C. Arroz como Alimento. **Informe Agropecuário**, v. 25, p. 101–108, 2004.

REIS, R. P.; BASTOS, M.; GÓES, H. G. Cultivo de Kappaphycus alvarezii no litoral do Rio de Janeiro: subsídio ao monitoramento ambiental da produção em escala industrial. **Panorama da Aquicultura**, n. 9, p. 42–47, 2007.

SANTOS, A. et al. Recomendações Técnicas para a Cultura do Arroz Irrigado no Mato Grosso do Sul. **Embrapa Arroz e Feijão**, p. 148, 2009.

SEPÚLVEDA, M. **CULTIVO EXPERIMENTAL DA ESPÉCIE DE MACROALGA Kappaphycus alvarezii (Doty) Rhodophyta NA BAIA DA ILHA** Rio de Janeiro IBAMA, , 2002.

SMITH, W.; DILDAY, R. **Rice: Origin, History, Technology, and Production**. 1. ed. Nova Jersey: John Wiley & Sons, Inc. All, 2000. v. 40

TAVARES-DIAS, M.; MARIANO, W. **Aquicultura no Brasil: Novas Perspectivas**. 2. ed. São Carlos: Pedro & João Editores, 2015.

UNESCO. **Década da Ciência Oceânica para o Desenvolvimento Sustentável é lançada oficialmente hoje (20) para destacar a urgência na proteção do maior bioma do planeta.** Disponível em: <<https://pt.unesco.org/news/decada-da-ciencia-oceanica-o-desenvolvimento-sustentavel-e-lancada-oficialmente-hoje-20>>. Acesso em: 12 set. 2021.

UNICAMP. **Tabela Brasileira de Composição de Alimentos – TACO.** Disponível em: <https://www.nepa.unicamp.br/taco/contar/taco_4_edicao_ampliada_e_revisada.pdf?arquivo=1>. Acesso em: 30 set. 2021.

VASCONCELOS, B. M. D. F.; GONÇALVES, A. A. Macroalgas e seus usos – alternativas para as indústrias brasileiras. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, v. 8, n. 5, p. 125–140, 2013.

VERGARA, B. S. Rice Plant Growth and Development. **Rice**, p. 13–22, 1991.

WALTER, M.; MARCHEZAN, E.; DE AVILA, L. A. Rice: Composition and nutritional characteristics. **Ciencia Rural**, v. 38, n. 4, p. 1184–1192, 2008.

WANYONYI, S. et al. Kappaphycus alvarezii as a food supplement prevents diet-induced metabolic syndrome in rats. **Nutrients**, v. 9, n. 11, p. 1–16, 2017.

WICKERT, E. et al. SCS123 Pérola: A Brazilian Rice Variety for Risotto. **Agricultural Sciences**, v. 09, n. 12, p. 1589–1600, 2018.

YOSHIDA, S. **Fundamentals of Rice crop science**. 1. ed. Manila: Internacional Rice Research Institute, 1981.

ZONA SUL. **Preços de arroz.** Disponível em: <<https://www.zonasul.com.br/mercearia-e-gastronomia/graos-e-cereais/arroz>>. Acesso em: 8 set. 2021.